المركز القومي للترجمة



المشروع القومي للترجمة

تأليف

إيان ويلموت

روچر هايفيلد

بعد دوللى

ترجمة وتقديم: أسماء شهاب الدين

مراجعة: أحمد شوقى

1519

بعدوللى

المركز القومى للترجمة
إشراف : جابر عصفور

- العدد : 1519
- بعد دوللى
- إيان ويلموت، روجر هايفليد
- أسماء شهاب الدين
- أحمد شوقى
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :

After Dolly

By Ian Wilmut and Roger Highfield

شارع الجبلاية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة . ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ – ٢٧٣٥٤٥٢٦ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

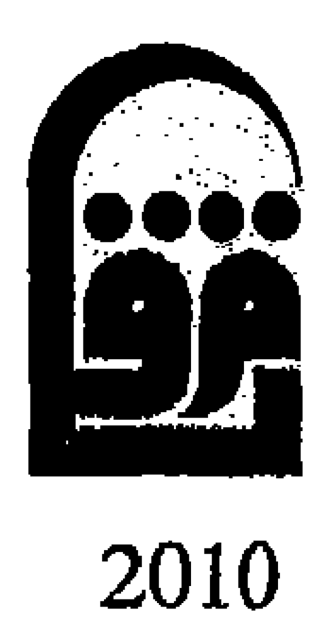
El-Gabalaya St., Opera House, El-Gezira, Cairo
E.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 27354524 - 27354526
Fax: 27354554

بعد دوللى

تـألـيـف : إيان ويلموت وروجر هايفيلد

ترجمة وتقديم : أسـمـاء شـهـاب الدين

مـراجـعـة : أحـمـد شـوقى



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

ويلموت، إيان.
بعد دوللى / تأليف : إيان ويلموت، روجر هايفليد،
ترجمة وتقديم : أسماء شهاب الدين ، مراجعة : أحمد شوقى
ط١ - القاهرة - المركز القومى للترجمة، ٢٠١٠
٣٤٤ ص، ٢٤ سم
١- الاستنساخ الچينى (أحياء).
(أ) هايفليد، روجر (مؤلف ومشارك)
(ب) شهاب الدين ، أسماء (ترجمة وتقديم)
(جـ) شوقى ، أحمد (مراجع)
(د) العنوان ٥٧٢,٨٨٤٥

رقم الإيداع ٢٠٠٩/٢٢٥١٥
الترقيم الدولى I.S.B.N. 978 - 977 - 479-795-3
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومى للترجمة إلى تقديم الاتجاهات والمذاهب الفكرية المختلفة للقارئ العربى وتعريفه بها ، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافاتهم ، ولا تعبر بالضرورة عن رأى المركز .

المحتويات

استهـــلال

مع حرص المركز القومى للترجمة على أن تضم مجموعة الألفية الثانية العديد من الكتب العلمية، التى تجمع بين جدية التناول والملاءمة للقارئ المثقف غير المتخصص، وتغطى طيفًا واسعًا من الاهتمامات يشمل المعارف العلمية والتكنولوجية، ويتطرق إلى فلسفة وتاريخ واقتصاديات العلم، بالإضافة إلى سوسيولوجيته وأخلاقياته وعلاقته بالمجتمع، فإن كل عنوان من العناوين المترجمة يتم اختياره وفقًا لجودة تناوله لمجال أو أكثر من المجالات المذكورة، ويستهدف هذا التدقيق مساهمة المركز فى إثراء الثقافة العلمية ونشر المنهج العلمى، وتقديم نماذج متميزة للكيفية التى يُقَدم بها العلم للقارئ العام.

هـذا الكتـاب:

يحقق الكتاب المعايير السابقة بشكل واضح، ويمكن التدليل على ذلك بالملاحظات التالية:

– يتعرض الكتاب لحدث علمى شغل العالم كله، بإعلان استنساخ النعجة دوللى من خلية ضرع لأنثى بالغة، وهو الأمر الذى كان يُعد مستحيلاً. لقد اتسمت الضجة التى أعقبته بمعالجات غير علمية، وعناوين إعلامية مثيرة وحدث خلط كبير بين الآفاق العلمية والطبية الحقيقية لهذا الإنجاز، وبين الكوابيس المتخيلة غير الواقعية. ولجأ البعض إلى مهاجمته باسم الدين، وادعاء اعتدائه على جوهر الطبيعة البشرية. لذلك،

كان من الضرورى طرح الجوانب العلمية بموضوعية ووضوح، وبيان الآفاق المحتملة لتطبيق تقنيات الاستنساخ فى الطب وإنتاج الغذاء. وفى ضوء ذلك، يتم التطرق إلى المحاذير، ومناقشة القضايا الأخلاقية والقانونية والاجتماعية المختلفة.

– لقد فعل المؤلف ذلك فى كتابين، أولهما: "الطريق إلى دوللى" ثم هذا الكتاب، الذى تعرض فيه لما بعد دوللى، التى ماتت وتركت لنا هى ونسلها وبقية الحيوانات المُسْتَنسخة الكثير من الدروس المستفادة. ولم يفته أن يستطرد فى شرح التقنيات الأحدث الخاصة بالخلايا الجذعية، والآمال المنوطة بها. كما طرح آراءه المسئولة حول محاذير استنساخ البشر وتصميم الأطفال حسب الطلب، كما يتردد فى وسائل الإعلام. وفى الحالتين، قدم نموذجًا يحتذى لتقديم العلم إلى القارئ العام، حيث استعان بكاتبين علميين لتيسير المادة المتخصصة الدسمة، وشرحها بشكل واضح وجذاب.

– لذلك نرى أن الكتاب يغطى حدثًا مهما فى تاريخ العلم وسوسيولوجيته وعلاقته بالمجتمع، ويعرضه بصورة تثرى الثقافة العلمية، وتوضح أسلوب المنهج العلمى فى التفكير وحل المشكلات، والتعامل مع العقبات العلمية والمجتمعية على حدٍ سواء. إنه يمثل بحق إضافة علمية للمكتبة العربية، نرجو أن يستفيد منها ومن منهجها من يتصدى للترجمة أو التأليف فى المجالات العلمية المختلفة.

المركز القومى للترجمة

الفصل الأول

مولد نجمة

قلة هم المشاهير الذين افتتن بهم الإعلام العالمى بشدة مثلما فعلت. أحدث وصولها ضجة عظيمة، فجرت حالة عارمة من التأملات والتقولات، والصخب الإعلامى، لقد تصدّرت غلاف مجلة بيبول People، وجذبت حتى انتباه بيل كلينتون. قصة حياتها أصبحت مُلهمةً لعددٍ من المسرحيات وأفلام الكارتون وعروض الأوبرا. استغلّ المُعْلنون صورتها، وبدا أن شفاه الجميع قد هتفت باسمها. قال أولئك المقربون إليها: إن الاهتمام المفرط بها قد أدخل الغرور إلى نفسها، وعلى الفور بدأت تتعامل بخيلاء ودعائية.

لم تكن الأمومة عائقًا لمسيرتها الحياتية؛ حتى عندما أصبح لديها ستة من الصغار توليهم رعايتها، استمر تواجدها فى صدارة الأخبار. لكن، ومثلما هو الحال مع الكثير من النجوم الخارقين على هذا الكوكب الذين تربعوا على القمة واستمتعوا بالحياة فى أوج ازدهارها، كان مُقدراً لكل شىء أن يبدأ دورته فى الاحتضار والزوال. لقد أصيبت بسعال وبدأت طوراً من التدهور. بعد أسابيع قليلة وبصورة تراجيدية، ماتت فى سنٍ صغيرة بسرطان الرئة؛ رغم أنها لم تُدخِن السجائر أبدا. لقد وضع موتها نهاية لحياة نجمة عظيمة، لكنها لم تكن بريمادونا عادية، لقد كانت نعجة.

إن ما أعلنته وسائل الإعلام اللاهثة عن حياة النعجة دوللى ويومياتها، كان فائضاً عن الحاجة، فقصتها الآن جزء من كتب التاريخ وحوليات العلوم. لقد دشّن مولدها فى معهد روسلين Rosslin Institute بالقرب من إدنبره فى الخامس من يوليو عام ١٩٩٦

حقبة جديدة من التَحَكُم البيولوجي. إذ أصبحتُ بالتعاون مع فريق ضخم، أول من عكس الزمن الخلوى، العملية التى تتمايز بموجبها الخلايا لتصبح مائتين أو لتصبح خلايا جسمية من النوع الأكثر تخصصا.

لقد قمنا بتحدى المفهوم الحيوى السائد، بأن التطور فى الطبيعة يسير فى اتجاه واحد فقط. إن خلايا الأنسجة على تباينها فى المخ، والعضلات، والعظام، والجلد، كلها مشتقة من خلية واحدة صغيرة، هى البويضة الملقحة. لقد كان سائدًا حتى مولد دوللى بأن الميكانيزمات التى تلتقط شفرة الحمض النووى الـ "د.ن.أ" المناسبة لتكوين خلية ما، تتبنى هوية الجلد أكثر من العضلات، أو المخ، أو أى شىء كان، وقد كانت هذه الميكانيزمات من التعقيد والرسوخ الصلب، بحيث انتفت معها إمكانية إبطالها. لقد انقلب هذا الاقتناع الراسخ فى حالة دوللى. لقد كانت أول حيوان ثديى تم استنساخه من خلية بالغة. كان عملا فذا له العديد من التطبيقات العملية التى أثارت الكثير من التساؤلات الأخلاقية العميقة، وأمورًا أخرى تتعلق بآداب المهنة.

إن مصطلح "يستنسخ "clone المشتق من الكلمة اليونانية "twig" بمعنى غصين، يدل على مجموعة من الكينونات المتماثلة. كانت دوللى (تقريبًا) متماثلة جينيًا مع خلية مأخوذة من نعجة تبلغ من العمر ست سنوات، تلك التى أُخذت منها النواة التى تم ازدراعها داخل خلية بويضة من نعجة ثانية، وبعد ذلك تم إيلاجها فى رحم نعجة ثالثة، ثم فى رابعة لتنمو. ولأن العملية بدأت بخلية ثديية من شاة عجوز، فقد سمّيْناها دوللى تعبيرًا عن إعجابنا بالمطربة الأمريكية، أنثوية القوام عامرة النهدين، دوللى بارتون.

وبينما نفترض الآن جدلا بأنه من الممكن استنساخ حيوانات بالغة، فإن مولد دوللى قد صدم البعض من عامة المجتمع الذين أمعنوا التأمل فى عواقب التكاثر بدون أى دور للممارسة الجنسية. هذا العمل الفذ صدم الكثيرين فى مجتمع البحث العلمى أيضا. غالبًا ما سُمع العلماء يَصِفون هذا الإجراء أو ذاك بأنه سيكون "مستحيلا من الناحية البيولوجية"، لكن هذا التعبير فقد الآن كل معانيه فى حالة دوللى. حتى أن بعض العلماء قالوا : إن دوللى كسرت قانون الطبيعة. لكنها أكدت هذه القوانين، أكثر

من تحديها. لقد رسمت خطًا لكيفية ارتباط الطموح البشرى فى القرن الواحد والعشرين وما بعده بعلم الأحياء وبوعى المجتمع بماهية الصواب والخطأ.

لماذا نستنسخ؟

عندما أتينا بـ "دوللى" إلى الوجود، لم نكن نفكر فى حجرات مليئة بالكائنات المستنسخة، أو إنتاج تلال فوق أخرى من النعاج المتماثلة، لضمان ليلة هانئة من النوم. لم نكن نفكر فى مساعدة السحاقيات على الإنجاب بدون معاونة من بنك الحيوانات المنوية، أو فى استنساخ نجوم السينما. وبالتأكيد لم نكن نفكر فى مضاعفة أعداد الطغاة.

إن الحكاية المعقدة لدوللى لم تلائم كتابة السيناريو فى أحد أفلام هوليود التقليدية، صراعى العنيد ضد كل الغرباء لبلوغ حلمي؛ أحداث غريبة تجرى فى مختبر تحت الأرض، ذات ليلة حالكة وعاصفة؛ أو كيف لمجموعة من المُشعرين المترابطين معًا أن يخضعوا لشرك فى مختبر اسكتلندى غامض انتزع جائزة الاستنساخ من علماء متغطرسين حليقى الذقون، عريضى الفكوك، يعملون فى صرحٍ قوىٍّ لعلوم الجينات، مُمَوّلٍ ببذخ فى أمريكا الشمالية. صحيح أن فريقى كان يمتلك وجوها مرعبة وشعورا طويلة، غير أن هذا كان مزيجا خاصًا من العوامل التى أدت إلى النجاح، إضافة إلى ومضة سرنديبية[1]. لقد اجتمعت الكوادر المناسبة ذات المهارات الصحيحة والإدراك السليم معًا فى الوقت والمكان المناسبيْن – معهد روسلين – بمجموعته الخاصة من المختبرات البيولوجية الجزيئية البدائية، حظائر مغطاة بالقش، وإمكانات حديثة لإجراء الجراحات سواء على الدواب أو على الخلايا الفردية الحية.

(١) السرنديبية: موهبة اكتشاف الأشياء النفيسة أو السارّة مصادفةً (من أسطورة أمراء سرنديب الثلاثة) (المترجمة).

إن قصة دوللى هى الأكثر استثنائية لأسباب أخرى. فالسيناريو العلمى الكلاسيكى للفرق المتنافسة فى سباق الجائزة كما صوره بحيوية جيم واطسون Jim Watson فى اللولب المزدوج The Double Helix لا ينطبق على حالتنا. لقد كان الفضول الخالص هو حافزنا للعمل، بالرغم من كوننا قد وضعنا فى الحسبان التطبيقات العملية فى البحث والزراعة. وكما هو الحال فى أى مختبر حكومى، كان البحث يمثل نوعًا من المكابدة، لأن الإمدادات الحكومية عادة ما كان يصمها القصور. علاوة على ذلك، فإن مؤسسة العلم تعرضت فى تلك الأيام لخفض الإنتاج بصورة عقابية، ففى ذات اليوم الذى كُشِف فيه النقاب عن دوللى، سحبت الحكومة تمويلها لمشروعى. لقد كانت شركة التقنية الحيوية التى ساعدتنا على إبداع دوللى، PPL للعقاقير، حليفتنا لكنها لم تكن صديقتنا. بمعنى أننا تبادلنا المعلومات على أسس من الاحتياج المعرفى فقط.

لقد قدت الفريق أنا وكيث كامبل Keith Campell، عالم بيولوجيا الخلية الذى يصغرنى بعشرة أعوام، والذى كوّن فهما عميقا لماهية عمل الخلية. إنه لمن المفاجىء أننا كنا فاعلَيْن معًا، لأن أينا لم يكن منظّما تماما. لقد أكْمَلتُ طبيعته المغامرة ومعرفته بالخلية فضولى العلمى وخبرتى فى الاستنساخ وأسلوبى الاستراتيجى لتحقيق هدف النقل النووى خطوة خطوة فى الماشية. لقد وضعت تصوراً للمشروع، ولكنى أدين بالشكر لكيث كامبل بفضل إلهامه الناجح لى.

لقد ارتبطنا معًا بأكثر من ذلك، فكلانا أصبح متحرراً من وهم الحياة فى روسلين. كمتخصص فى علم الأجنة، كنت مدفوعًا للتخلى عن بحثى على معدلات الوفيات الأبوية، لكى أركز على التغيير الجينى فى الحيوانات ، العمل الذى، - وياللسخرية - سيمنحنى فى آخر الأمر قدراً عظيمًا من الرضا ومهد الطريق لدوللى. كيث باعتباره العضو الجديد فى الفريق، الذى يمتلك رؤى علمية ثاقبة، وجد أنه من المحبط بيع أفكاره إلى مجموعة مؤسّسَة. لقد كان ممتعضًا وحزينًا على الأقل حتى بدأ عملنا معا يؤتى ثماره.

كـلانا فكر فى ترك روسلين، لكن كـانت لكلينا أسبـابه البرجمـاتيـة ذات الصلة بالبيت والأسرة تبرر البقاء فى ذلك الجزء الرائع من اسكتلندا. كانت هناك قلعة على قـمة صـخـرة مـعـزولة تقـريبـًا فى جنوب الجنوب الشـرقى لقريـة روسلين. لقد كنا محاصرين بتلال مكشوفة غير مأهولة تمتد لحوالى ألفى قدم وتغطى حوالى ستة عشر ميلا من ضواحى إدنبره إلى لانركشاير. كانت تلك المناظر الطبيعية للنجاد والوديان الصغيرة المنعزلة مكانًا مـلائمًا للتطلع لاحتسـاء الويسكى والتمشية بين الهضـاب والتأمل فى المدى. لقد كان المكان المثالى لتربية الأبناء. أحببت أن أمشى الهوينى فيه وأصبحت – بشكل معقول – خبيرًا فى لعبة الكيرلنج الاسكتلندية ومدمنًا عليها (إذا لم تكن تعرفها، ففكر بحجارة ملساء تنزلق على الجليد)

إن روسلين، المكان وليس المعهد، كانت ما يجذب كلينا خلال تلك الأيام الصعبة. لقد واصلنا أنا وكيث القيادة إلى المختبر سويا ، وتبادلنا الحوارات النشطة حول تفاصيل الاستنساخ. لقد كان العلم مثيرًا لكلينا. انحدر كلانا من الأراضى الوسطى لكننا لم نكن واطسـون وكريك اللذين انخرطا فى سباق مع المتنافسين. كانت لنا أساليب ووجهات نظر أخرى ولم نكن اجتماعييْن كثيرا.

كـان هدفنا المشـتـرك هو أن نطور طرقـا للنقل النووى فى النعـاج، يمكن استخدامها لإحداث تغييرات جينية دقيقة. الإجابة على هذه الأحجية هى: أنه يمكنك أن تستخدم الاستنساخ للإتيان بحيوان بأكمله إلى الوجود من خلية خضعت لجراحة جينية ناجحة – الخلية الوحيدة بين بلايين الخلايا التى تخضع لجراحة غير متقنة أو غير مكتملة تكون قد فشلت – إن ذلك يعطى امتيازًا هائلاً لهذه الطريقة على الطريقة الاجتياحية قديمة الطراز التى كنا نُدخل بواسطتها الأجنة إلى النعاج المرة تلو الأخرى ولم يكن لدينا فكرة واضحة عن نجاح التعديل من عدمه.

الآن لدينا فقط ٢٠٠٠٠ جنيه استرلينى لنعمل بها، قدمتها لجنة روسلين إلينا لنقوم بالمزيد من التجارب لأننا حققنا تقدما طيبًا فيما يتعلق بالاستنساخ – بالطبع – وبسبب خبرتنا السابقة استخدمنا النعاج. الأمر الذى يعنى أنه توجب علينا التعامل

مع مشاكل استيلادها المعروفة ، لقد قال شيبردن : (إن النعاج تمضى أوقاتها منشغلة بالتفكير فى طرق جديدة للموت). لقد كنا عبيداً لدوراتها التناسلية التى تتطلب منا عملاً جهيداً خلال الشتاء الذى تتواعد فيه النعاج وتحبل. ومع ذلك، كانت هناك ميزة فى أن النعاج كانت قليلة التكلفة إلى حد مدهش. فى تلك الأيام كان من الممكن شراء إحداها من السوق بأقل من تكلفة شراء زجاجة من المياه المعدنية، فى فندق أنيق وبما يقرب جزء من خمسمائة من شعر البقرة. لكننا كنا واثقين بأنه وبسبب التشابه بين النعاج والماشية فى طريقة التناسل وعلم الأجنة، فإن أى طريقة يُجرى تطويرها فى النعاج ستكون مناسبة للماشية أيضا. ففى الواقع، النعاج ماهى إلا أبقار صغيرة قليلة التكلفة.

لقد بدا كل شىء بسيطًا للغاية. استخدمنا خلايا خاصة مستمدة من الأجنة - الخلايا الجذعية - من أجل الاستنساخ. تلك التى تنمو فى المختبر، ولكنها تحتفظ بالعديد من خواص الخلايا الجنينية. هذا ما جعلنى متفائلا بخصوص نجاح هذه الطريقة لإحداث تغييرات جينية فى حقل العمل على الحيوانات. لكن كانت هناك مشكلة: لم نستطع أن نُكاثِر تلك الخلايا الجذعية للنعجة فى المختبر (وما زلنا لا نستطيع). ومع ذلك فإنه فى محاولاتنا الفاشلة استطعنا أن نُنمِّى خلايا أكثر نضجًا، أو كما يقول العلماء، التى بدأت فى التمايز.

إننى ممتن لما يتميز به كيث كامبل من إدراك واعٍ بما فى دورة الخلية من ميكانيكيات. لقد استأنفنا العمل على اكتشاف استثنائى: كان من الممكن وضع هذه الخلايا الأكثر تمايزا فى وضعية خاصة (حالة من الراحة تسمى الكمون، والتى لا يمكن الحصول عليها بواسطة الخلايا الجنينية)، واكتشفنا أن بالإمكان استنساخها. لقد ولد ميجان وموراج النعجتيْن الويلزيتيْن الجبليتيْن كنتيجة لهذه الرؤية الهامة جدا. لقد كانا أول مستنسخين من خلايا متمايزة. لقد فشلنا فى تنمية الخلايا الجذعية، لكن طريقة كيث الجديدة فى الاستنساخ ، أثبتت أنها أقوى كثيرا مما تخيلنا. لقد آمن كيث

دائما بأن الاستنساخ باستخدام الخلايا البالغة سيصبح ممكنا، وبهذا التشجيع الجديد وضعنا الفكرة قيد الاختبار. لقد أكد ميلاد دوللى هذه النقطة بشكل حاسم.

عندما كنت أنتظر مولد دوللى فى صيف ١٩٩٦، كان مزاجى يتأرجح بين النشوة والخوف. أنا وكيث كنا على ثقة من النجاح، ولكن – ومع عملية معقدة كهذه بها خطوات كثيرة وتضم العديد من الأشخاص – عادة ما يكون الفشل احتمالاً قويا، وإذا ما نجحنا، فإن الرعب من كل شىء سوف تتكفل به فكرة المبالغة فى الإطراء التى ستلى هذا النجاح. أنا محب للخصوصية، وعرفت أن حياتى لن تكون هادئة بعد الآن.

ولكن النجاح الذى حققناه، كان فقط فى محاولة واحدة من ٢٧٧ محاولة. بلغ وزن دوللى ٦،٦ كيلو جرامًا، ثقيلة بالنسبة لنعجة من نوع دورسيت الفنلندى، لكن ذلك لم يكن مدهشًا للغاية، كان من الممكن أن نحصل على عشرين دوللى ربما فى موسم آخر. لكن الاحتمال الأقوى كان فشلنا فى ذلك. بالرغم من تركيزنا على الموضوعية والعقلانية، فإنه حتى فى العلم يساعدنا أن نكون محظوظين. ورغم هذا كان ميجان وموراج بالنسبة لكيث النجمين الحقيقيين للعرض العلمى؛ أما دوللى فكانت بمثابة "قشرة الذهب التى طليت بها حلية مبتذلة" ليس إلا. لقد اتفقنا على أن يتصدر اسمه المكان المشتهى للمؤلف الأول فى الورقة البحثية التى كنا سننشرها حول ميجان وموراج، بينما أصبح أنا المؤلف الأول للورقة البحثية التى نصف فيها خروج دوللى العسير إلى هذا العالم.

لقد حافظنا على سر وجود دوللى خلال الشهور الستة الأولى؛ بينما كان بحثنا حول دوللى بكل تفاصيله يُفحَص من قبل علماء آخرين – شرط أساسى وروتينى من أجل النشر فى دورية أكاديمية. بمجرد أن تسرب خبر مولدها فى فبراير ١٩٩٧، تصدّرت العناوين، وأسرت خيال المعلقين والصحفيين وكتاب أعمدة الرأى فى كل أرجاء كوكب الأرض.

"الباحثون مذهولون... الخيال أصبح حقيقة" و "أُثيرت الاحتمالات المفزعة" تلك كانت هى الطريقة الغريبة التى استقبلت بها صحيفة النيويورك تايمز أخبار مولد دوللى، لكنها لم تكن الوحيدة التى أطلقت إنذاراً بالخطر. كانت هناك عناوين أخرى مثل: "اكتشاف الاستنساخ أطلق العنان لذئب فى ثياب نعجة". "نعجة مستنسخة فى عاصفة نازية"."دوللى تفتح الباب للحياة بعد الموت". "يجب إيقاف مغامرى الاستنساخ". "عجبا! دوللى إلغاء للبشر". اقتبست جريدة أخبار العالم الأسبوعية من باحث مرعوب يصف كيف قتلت دوللى حملا ثم بعدها أكلت ضحيتها قائلا: "عندما تقترف شيئًا يثير غضبها، فإنها تنظر إليك بعينين محتقنتين وحمراوين – عينان تملأهما الكراهية."

بالنظر إلى ما فى الإدراك المؤخر من فائدة، تبدو تلك الهبّات قابلة للتنبؤ بها ومفهومة تمامًا (ربما ما عدا تلك الخاصة بآكلة لحوم البشر ذات العينين المحتقنتين) لكننى مازلت مصابًا بخيبة أمل، بسبب ذلك الجيشان الغالب بقوة على صحافة اليوم وخاصة فى العناوين الرئيسة، وبالرغم من أنى قد عرفت أن بعض الاحتمالات المترتبة على هذا الشكل من الاستنساخ مقلق؛ حقًا، فإنى قد توقعت أن يُحْتَفَى بمولد دوللى لما سيترتب عليه من العديد من تطبيقات الاستنساخ الرائعة فى المزرعة والعيادة والمستشفى. كم كنت غِرًا!

بعض أفراد الإعلام الأمريكى كانوا توّاقين لإعلان أن ولادة دوللى "بدت وكأنها جاءت من اللامكان" (لم تولد فى أمريكا، فى نهاية الأمر). بعض العلماء ذهب إلى ما هو أبعد من ذلك. أحد الحاصلين على جائزة نوبل كتب يتهمنا بصنع خليط غبى قائلاً إن دوللى لم تكن مستنسخًا حقيقيًا على أية حال. آخرون اعتقدوا بأن دوللى كانت "مستنسخة من تلقاء نفسها"، حادثة استثنائية لا يمكن أن تتكرر ثانية أبدا. لكن المعظم كان مقتنعا بأن دوللى كانت شيئًا مميزًا، وطُرحت أحاديث عن مولدها باعتباره فتحًا بيولوجيًا يعادل انقسام الذرة.

لقد اعتدت الآن التقلبات الشرسة لبندول الإعلام – من المنظور المثير للتداوى إلى الرؤى التنبؤية – وغالبًا ما حُرِّفت وجهات نظرى لصنع مانشيتات صحفية أفضل، من قبَل صحف يُفترض أنها مسئولة. لكن عندما ولدت دوللى أصبحت متورطًا رغمًا عنى فى تلك الضجة الإعلامية. فى بداية تلك الضجة المثيرة وجدتنى أخبر أحد المعلقين بأن دوللى "ربما يكون ادعاءً معقولاً بأنها الكائن الأكثر استثنائية الذى ولد على الإطلاق" كانت هذه مبالغة (لكنها ليست من النوع الجيد). قابل الرئيس كلينتون أخبار مولدها "المزعجة" بسؤال الخبراء لمراجعة العواقب؛ الفاتيكان والمفوضية الأوروبية تبعته سريعا. ظهرت أولى الادعاءات خلال أشهر قلائل بأن الحمل البشرى قد بدأ باستخدام الأجنة المستنسخة، وتم إطلاق الشائعات المماثلة منذ ذلك الحين خاصة بسبب جهود المعجبين المجانين، والعلماء الخارجين عن الجماعة.

لم يستطع الناس فى الحانات والمكاتب والشوارع التوقف عن الكلام حول الفكرة القائلة بأن استنساخ البشر سيصبح واقعًا عما قريب. تساءلت الصحافة حول ما إذا كان من الممكن استنساخ الأموات. رأت بعض الأرواح المضلَّلة دوللى أنها رائدة أحد أشكال الخلود الجينى؛ كثيرون أثارهم الحديث المُغَالى فيه عن الكابوس الأخلاقى والسياسى. فى النهاية كان فرانكينشتاين المرجعية الثقافية التى تشير إليها المناقشة. مجلة التايمز بدأت صفحتها الرابعة عشرة بتقرير خاص منحتنى فيه الدور الرئيس:"لا يتوقع المرء أن يظهر د. فرانكينشتاين مرتديًا كنزة صوفية، سترة فضفاضة، ويتحدث بلكنة بريطانية رقيقة وله وجه موظف فى مصرف. ولكن خلف كل تلك الاعتيادية الرقيقة كان هو: د.إيان ويلموت."

صور غلاف مجلة دير شبيجيل الألمانية، فوجًا من الهتلريين، حيث سيحقق استنساخ البشر بطريقة أو أخرى نوعًا من الخيال العلمى الاستبدادى الذى تضيع تحت وطأته الهوية الفردية وتتحول إلى اللااسم، اللا وجه، وكتلة مقبضة الصدر من أشباه البشر. أعلن الغلاف بالألمانية: "العلم فى سبيله لاستنساخ البشر. سقطة الإنسان". بشكل سرى، فكرت مليًا فى عواقب استنساخ البشر قبل ذلك بعامين أنا

وكيث كامبل، عندما حثني على هذا العمل. كان ذلك الصيف الذى حملت فيه اثنتان من نعاجنا بـ "ميجان" و "موراج"، مستنسخيْنا الشهيرين الأولين. لقد نشرت أفكارى على الملأ بعد شهرٍ واحد فقط من ذيوع خبر دوللى.

فى واشنطن، حبست أنفاسى لأنى كنت أعد نفسى لإلقاء خطاب فى جمع حاشد فى مجلس الشيوخ ولجنة الموارد البشرية التى عقدت فى الفترة التى سبقت مباشرة أول اجتماع للجنة الرئيس كلينتون الاستشارية لأخلاقيات المهن البيولوجية. لقد كنت قلقًا بشأن الاستجواب القاسى الوشيك. بمجرد أن انقلبت الحال، كنت حقًا قد عدلت عن رأيى، لأن الاستقبال لم يكن عدائيًا على الإطلاق. أعلن عالم امريكى أنى سوف أحصل على جائزة نوبل. وصفنى سيناتور بأنى "أحد الرواد الحقيقيين فى تاريخ البشرية". أوضح آخر "بأنى قد كسرت المعادلة البيولوجية لحاجز الصوت". استنتج تقرير برقى أن أشهر راعٍ لقطيع نعاج فى العالم قد عومل من قبل مشرعى الكونجرس الأمريكى كـ "نجم إعلامى فوق العادة". لم أشعر بذلك، مع أنى كنت مرتديا حلّتى الرمادية وربطة عنقى الباهتة. أكنت أستحق أن أُمْنَح كل هذا التقدير على جهد اعتمد على عمل مجدّ لآخرين؟

كان استنساخ البشر بكل صوره، بالطبع، موضوع المناقشة الرئيس. لقد شبّه سيناتور ديموقراطى الجهود المبذولة لوقف الاستنساخ بمحاولات الكنيسة الكاثوليكية لإسكات جاليليو. لقد قال: "استنساخ البشر آتٍ لا محالة، وسيحدث أثناء حياتى، وسأرحب به". لكننى لن أفعل. لقد أخبرت السامعين بأن استنساخ الأطفال سيكون لا أخلاقيا وغير إنسانى. وسوف أساند أية مجهودات بذلت على المستوى الدولى لحظر تلك الممارسة. لقد ركزت بنفس القدر على مدى أهمية ألا نغلق الباب فى وجه التطبيقات العملية المتعلقة بإنقاذ الحياة. حدث أننى هنا قد قدمت فكرة اشتقاق الخلايا من أجنة البشر المستنسخة سواء للدراسة أو لعلاج الأمراض. وكما سأوضّح فى هذه الصفحات، ظللت معارضًا بحماس لاستنساخ الأطفال الرضع. لقد شاركت آخرين فى ورقة بحثية نشرت فى دورية علمية تحت عنوان فظ بصورة استثنائية يقول

"لا تستنسخوا البشر!" لكننى بنفس القدر أؤيد بحماس شكلاً مقننًا من أشكال استنساخ البشر.

حياة دوللى

سيخبرك أى زائر لمكتبى بأن دوللى ألهمت أصدقائى وزملائى كى يمنحونى عدداً لا نهائيًا من الممتلكات الشخصية الغَنَمِيَّة - ساعات على هيئة نعاج، أكواب خزفية على شكل نعاج وما شابه. وبصورة أكثر أهمية، فقد حثّت الجيل الجديد من الشباب لدراسة علم الأحياء (ما زلنا نتلقى سيلا لا ينقطع من رسائل البريد الإلكترونى التى تطلب المعلومات). لقد ألهمتُ أيضًا العديد من غريبى الأطوار والمجاذيب والدجالين.

بينما كانت النعجة الفنلندية الدورسيت فى بؤرة الضجة الحماسية، بدا الجميع فى غفلة عن الذعر الذى أحدثته. بينما كانت الأيدى ترحّب بحرارة والجباه تتغضن تقطيبًا، عاشت دوللى حياة هادئة ومدللة مع ميجان وموراج فى حظيرة، حيث يقع معهد روسلين. وبالرغم من أن هاتين النعجتين قد مثلتا أول برهان على أنه يمكن نسيان البرمجة التطورية للخلية المتمايزة والبداية من جديد، فإن دوللى أبعدت كلاً منهما بعيداً عن الأضواء.

ولسوء حظ قرينتيها، فإن دوللى تصرفت وكأنها كانت تعى بالفعل حالة النجومية التى تعتريها. لقد كانت نهمة للغاية وغالبًا ما تنتزع أكثر من حصتها العادلة من الكعك المصنوع من الشعير ودبس السكر الذى كنا نطعمهن إياه. كانت تعلن أيضًا عن استقلاليتها بقلب معلفها رأسًا على عقب بمجرد انتهائها من طعامها. بلغ هذا العرض للهيمنة ذروته عند وضعها لقائمتيها الأماميتين على المعلف، ونفخها صدرها واعتزازها بنفسها. لقد بدا وكأنها تعرف أنها الأكثر تألقًا بين القطيع.

ما زلت أفكر فيها على أنها الوجه الودود للعلم رغم كل شيء. وبينما تكون معظم الشياه خجلى حيال البشر، وتربض فى الجزء الخلفى من حظائرها عندما يصل الزائرون، بدت دوللى وكأنها تستدفىء بانتباههم. كانت تهرول نحو مقدمة مربطها فى الحظيرة عندما ترى الناس قادمين. كانت البريمادونا ذات الصوف تثغو بشغب وتقفز عاليًا وساقاها الأماميتان على السياج لتهيئ لها وضعًا أمام الكاميرات. ينبغى علىّ أن أؤكد أن ذاك كان سلوكًا غنميًا[1] غريبا: فالنعاج فى الأحوال الطبيعية لا تشب عاليًا على قوائمها. لقد كانت حيوانًا جذّابًا بصورة مدهشة وكانت مهتمة وشغوفة بالعالم من حولها، على الأقل بقدر ما تستطيع نعجة. تذكر بيل ريتشى Bill Richi الذى انتقى الخلية التى استخدمت لاستيلادها - كيف كانت تمنحه هذا الثغاء العميق الآتى من السقيفة عندما كان يهتف باسمها. لقد توقعت أن لطفها وطبيعتها المنبسطة قد تشكلت بواسطة التدريب البافلوفى[2]، لأنها تلقت أكثر من حصتها العادلة من الرشاوى الصالحة للأكل لتشجيعها على مغازلة المصورين أو للظهور فى مقدمة حظيرتها فى الوقت المناسب تمامًا من أجل الجموع الغفيرة من فرق التصوير التليفزيونى التى أتت لزيارتها.

أراد الزوّار إطعامها أيضًا، ولكننا دفعناهم ألا يفعلوا، مفسرين ذلك بأنها تعانى من مشكلة فى الوزن. إننا فى الحقيقة قد شاركنا بنصيب الأسد فى تضخيم حجمها بمنحها ما هو صالح للأكل دون إتاحة الفرصة بصورة أكبر لها كى تتريّض. فى نهاية الأمر انضمّت دوللى إلى الأعداد المتزايدة عالميًا ممن يعانون من مرض السمنة إكلينيكيا. قررنا لها حمية غذائية. حتى نظامها الغذائى الجديد حظى بمسحة نجومية. "تبن فقط" تقول اللافتة المعلقة على حظيرتها - ليس "التبن فقط" تمامًا، ولكن ما هو على شاكلته.

---

(١) غنمى نسبة إلى الغنم (المترجمة).

(٢) نسبة إلى العالم الروسى آى بى بافلوف الذى أجرى تجاربه على الكلاب مبينًا كيفية استجابتها لمثيرات معينة من خلال ردود أفعال مشروطة بتعرضها لهذه المثيرات (المترجمة).

مثل كل أقرانها الآخرين من ذوات الصوف، بدت دوللى بالكاد كما لو كان باستطاعتها تغيير مسار التاريخ. ولكنها فعلتها، بالطبع. قابلت المراسلين الصحفيين، المصوّرين، وأطقم تصوير الأفلام من كل مكان على هذا الكوكب. لقد أجريت معها مقابلة بواسطة فاى ويلدون مؤلفة كتاب استنساخ جوانا ماى التى قالت عن التجربة فيما بعد: "لقد ظننت أنها كانت مجرد مخلوق جميل، لكنه من الواضح أن لها جوهراً جعلنى أتحرر من كل مخاوفى تجاه الاستنساخ. فى عيد ميلاد دوللى، هاتفها الناس ليتمنون لها عيد ميلاد سعيداً."

تمّ جزّ صوف دوللى باسم البحث الطبى (صوفها الأبيض الرمادى ذهب فى نهاية الأمر إلى متحف العلم فى صورة سترة صممتها طالبة فى مسابقة أجرتها هيئة الإذاعة البريطانية لعرض الملابس) واستوضعت مع زوج من اليابانيين من أجل صور زفافهما. فى الواقع، لقد التقطت لها صور يتجاوز عددها ما يُلْتَقَط لنجوم هوليود، وتزيد بكثير عن أية صور التقطت لأى نعجة فى التاريخ. وكحيوان تجريبى، خضعت عملية رعايته لخطوط إرشادية صارمة، مُنِعَت دوللى من افتتاح مولات التسوق التجارية أو حضور العروض الزراعية (بالرغم من الطلبات التى لا تُحصى)، واضطرت لرفض دعوة للانضمام إلى زمالة الجمعية الملكية، أقدم أكاديمية علمية فى العالم. فى عرضهم الصيفى (وتمّ عمل ماكيت من الكرتون المقوّى بدلا منها). وبالرغم من أن الجمعية الملكية بالقرب من "بول" مول فى لندن طالما كانت المأوى المفضل لنجوم العلم الاستثنائيين من نيوتن وحتى كريك[1]، فإن دوللى لم تكن لتجوب مختالة مدخل البهو الرخامى. بالنسبة لدوللى، كانت الرحلة إلى لندن كلها مخاطر، وعديمة الفائدة.

---

(١) فرانسيس كريك (١٩١٦-٢٠٠٤): عالم بريطانى فاز بجائزة نوبل عام ١٩٦٢ لدوره فى اكتشاف تركيب الحمض النووى الد.ن.أ (مع جيمس واطسون وموريس ويلكينز). ركّزت أعماله العلمية الأخيرة على النظام البصرى والمخ ونشر كتابا حولها بعنوان "النظرية المدهشة" عام ١٩٩٤ , تقلّد وسام الاستحقاق عام ١٩٩٢(المترجمة).

وبالرغم من أن دوللى كانت حكراً على روسلين، فقد ساعدت على تقديمى إلى الملكية – الشكر لدوللى – فقد قابلت الملكة مرتين، وتسلمت ميدالية من الأميرة آن، وتلقيت تأنيبًا قاسيًا من دوق يورك عندما عقد معهدى صفقة مع شركة أمريكية بدلاً من أخرى بريطانية. وفى لقاء عُقِدَ، فى أكاديمية الإنجازات In the Academy of Achievements على بحيرة جاكسون فى جبال روكى، يستهدف تحفيز الشباب، التقيت توم كلانسى مؤلف روايات الرعب بالغة الروعة، وجورج لوكاس الشهير بسلسلة حرب النجوم، وشاهدت الفنان ديل شيهولى وهو يبدع تماثيله الزجاجية النابضة بالحياة. كان من بين الحضور أيضًا فى تلك الأمسية مجموعة من العظماء والأخيار، بداية من كولين باول وديك تشينى إلى أعظم المهرة فى علوم الحاسب الآلى ورواد الفضاء والحاصلين على جائزة نوبل. تحدثت مع العديد من السياسيين على مر السنوات بداية من تام داليل، الأب السابق لمجلس العموم، وحتى إدوارد كينيدى (تذكرت مصافحته القوية المتدحة). وبالطبع قابلت حشوداً من المراسلين الصحفيين، المصورين، والرواد من الرجال والنساء من كل مكان فى العالم. كل هذا أدين بفضله إلى دوللى.

وطبقًا للمعايير التى خضعت لها مثيلاتها من النعاج فى المزرعة ممن ذُبحن عند بلوغهن عمر تسعة أشهر، فقد عاشت دوللى حياة طويلة وثرية. تخوّف بعض العلماء، رغم عدم وجود مبرر لهذا، من كونها عقيمًا. لكنها تحدت نقادها واستمرت فى التناسل مع كبش جبلى ويلزى[1] يسمى دافيد وأنجبا ابنة فى أبريل ١٩٩٨، سميت أول مولود لها بونى لأنها كانت، وكما أعلن طبيبها البيطرى تيم كينج عند مولدها: "إنها حمل جميل وجذاب وصغير جدا." أنجبت دوللى حملين آخرين فى ١٩٩٩، لقد وضعت ستة حملان فى المجمل، كانت جميع ولاداتها طبيعية وتمخضت عن حملان أصحاء. لقد كانت البرهان الحى ذا الثغاء والصوف على أن حياة جديدة – بما فيها من القدرة الكاملة على التكاثر – يمكن أن تأتى من خلية مستنسخة بالغة.

---

(١) نسبة إلى مقاطعة ويلز البريطانية. (المترجمة).

لقد أصبحت دوللى الأيقونة غير المؤكدة لبشارات النجاح المستقبلية وتهديدات التقنيات الحيوية. لقد صوّرت دوللى فى "أوبرا فيديو رقمية" للمؤلف الموسيقى الأمريكى ستيف ريتش، جاعلاً أول ظهور لها على المسرح – كما قالت أحد العناوين الرئيسة بالصحف – فى "الباااا – ربيكان"[1] كما نوقشت الأبعاد الأخلاقية للاستنساخ التى أثارتها دوللى فى مسرحية تدعو لإعمال العقل لـ "كاريل تشرشيل" بعنوان "رقم واحد". وعلى نحو ملائم بما يكفى تم انتخابها من قبل الأسكتلنديين المناهضين للملكية لتكون ملكتهم المفضّلة.

استغلت شركة زانوسى صورتها فى إعلان عن الغسالات الكهربائية تحت شعار "إساءة استخدام العلم" (فى وقت لاحق قدمنا طلبًا لحماية العلامة التجارية لصورة دوللى كى نضع حدًا لمثل هذه الحملات المتشائمة المورّثة للكآبة) كثيرون أرادوا الإلزام. فى أواخر ١٩٩٧، أعلن ريتشارد سيد وهو عالم فيزياء مسن من شيكاجو – لم يكن حتى عالم أحياء – عن نيته لاستنساخ كائن بشرى خلال عامين. لاحقًا، كشفت طائفة دينية تتخذ من كندا مقرا لها، تسمى الرائليون (أتباع كلود فوريلهون وهو متسابق راليات، وصحفى فرنسى المولد يدعى أنه مُنِح اسم رايل من قبل غزاة من الفضاء يبلغ طول الواحد منهم ١,٢ من المتر) كشفت عن رؤية متعاظمة حمقاء لتحقيق الخلود بواسطة استنساخ البشر، وأسسوا شركة تحمل اسم "كلون أيد" لتنفيذ المهمة. يعتقد الرائليون بأن الجنس البشرى قد بدأ باستنساخ غرباء من الفضاء منذ ٢٥٠٠٠ سنة، وهم دعاة للحب الحر (الواقى الذكرى إجبارى)، ويعتقدون فى أن مخلوقًا خارقًا يسمى إيلوهيم سوف يعود للأرض عام ٢٠٢٥ ليحرر المؤمنين.

---

(١) الباربيكان هو مركز ثقافى ضخم فى منطقة الباربيكان بمدينة لندن والتى تقع إلى الشمال من كاتدرائية سان بول. يشتمل مركز باربيكان الثقافى على قاعة موسيقية هى المقر لأوركسترا لندن السيمفونى، وثلاثة من دور السينما، ومسرح ـ كان المقر اللندنى لفرقة شكسبير الملكية المسرحية حتى عام ٢٠٠٢ ـ ومسرح آخر صغير، وجاليرى للفنون، وقاعتين للعرض، وقاعة للمؤتمرات، وبار، ومطاعم. وجاء المد بالألف فى (باااا–ربيكان) فى إشارة إلى صوت ثغاء النعجة: بااااا! (المترجمة).

لم يكن إثناء المُسْتَنْسِخِين المُستقبليّين عن خططهم عملاً يسيرا. فقد أعلن إيطالى وأمريكى فى مؤتمر صحفى بروما فى مارس ٢٠٠١ عن خططهما للشروع فى عمليات استنساخ بشرى تكاثرى. العضو الإيطالى فى الفريق كان سيفيرينو أنتينورى طبيب النساء الذى اشتهر عام ١٩٩٤ باستخدام البويضات الواهبة والإخصاب خارج الجسم (IVF) لإحداث الحمل لدى سيدة تبلغ من العمر ٦٢ عاما. الأمريكى كان باناپوتيس زيفوس عالم فى فسيولوجيا التكاثر وخبير فى التلقيح خارج الجسم بالمعهد الأمريكى للهرمونات[1] فى ليكسينجتون بكنتاكى. قدم كل من أنتينورى وزيفوس تفسيرات محرفة للصفات التقنية والعديد من الشئون الأخرى فيما يخص تأثيرات الاستنساخ.

بأخذ الطريقة الاستثنائية التى أتت بها دوللى إلى الوجود فى الاعتبار، حلّل كل ثغاء أصدرته، وكل بااااء قالتها حينذاك، لاستخلاص دلالتها البيولوجية بالإضافة إلى أدق بوادر وهن الشيخوخة. ومع ذلك لم تظهر لنا أية علامات حقيقية على أنها كانت مختلفة عن باقى القطيع. لكن كانت هناك محدودية لما كان بإمكاننا فعله لفحص ما إذا كانت "طبيعية" بحق. أحد الأسباب أننا لم نتمكن من فحص الشذوذ الذى قد يعترى العقل الغنمى أو المزاج الغنمى نتيجة للاستنساخ. فى النهاية لا أحد يعلم ماهية عقل النعجة.

بعد مرور خمس سنوات بلا مشاكل صحية، ظهرت أول بادرة للمشكلة. بدأت دوللى فى العَرَج، وأصبحت ساقها اليسرى الخلفية كسيحة. أرسلت على بُعد ميلَيْن إلى كلية الطب بجامعة إدنبره حيث أكدت أشعة إكس إصابتها بالتهاب بمفصل الركبة اليسرى. عولجت الحالة بشكل فعال بواسطة الحقن، وبالتالى لم تعد تشعر بشىء من عدم الراحة، وبالرغم من ذلك أُمْطِرت سكرتيرتى بوابل من المكالمات الهاتفية

(١) هو التخصص الطبى الذى يهتم بصحة الذكر، وخاصةً تلك المشاكل المتعلقة بالصحة التناسلية (المترجمة)

من شركات أخرى تعرض علينا عقاقير لعلاج التهاب المفاصل، وتناشدنا اختبارها على دوللي.

وبالرغم من كون التهاب المفاصل علة جسمانية شائعة بالنسبة للنعاج في منتصف العمر، فإن الإصابة به في الركبة هو الأقل شيوعا (عادة ما يكون المرفق هو المفصل المصاب). ومع ذلك ربما كان ذلك حتميًا بالنسبة لنعجة سمينة، انغمست طوال حياتها في السِمن، وأحبت الوقوف على قوائمها الخلفية واستجداء العطف. لكن عرجها أثار أول التساؤلات الخطيرة حول سلامة الاستنساخ، وما إذا كان من الممكن أن يؤدي إلى الشيخوخة المبكرة.

موت دوللي

بعد عدة سنوات من الاستمتاع بكونها النعجة رقم واحد في العالم، أصيبت دوللي في فبراير من عام ٢٠٠٣ بسعال ومشاكل في التنفس. توقعنا إصابتها بورم غدي رئوي: مرض شائع في النعاج البالغة، حيث يصيب الورم الرئوي المستفحل جسم النعجة بالهزال وفقدان الوزن وصعوبة التنفس. لا يوجد لهذه الحالة دواء ناجح، وغالبًا ما تنفق النعجة المصابة خلال شهور قليلة بسبب التأثير المشترك لكل من الورم المتنامي ببطء وذات الرئة.

بكثير من المعقولية، كنا على ثقة من صحة التشخيص، لأن أربعًا من ستة عشر نعجة أخرى في نفس الحظيرة أصيبت بالمرض نفسه فعلاً. كان من بين الضحايا أحد حملان دوللي وموراج (بينما لم تصب رفيقة حظيرتها وتوأمها ميجان؛ الأمر الذي يدل على أن البيئة تؤثّر بنفس القدر كالجينات). ينتقل المرض عبر قطيرات في نَفَسِ الشخص المصاب. ولسوء الحظ، فإنه بنفوق أول نعجة كان الآوان قد فات لإيقاف انتشار المرض، لأن فترة حضانة المرض تقدر بثلاث سنوات. كل ما استطعنا فعله كان منع أي نعجة أخرى من دخول الحظيرة.

إن النعـاج الموضـوعـة داخل حظائر صـغـيـرة بدلا من المراعـى المفـتـوحـة تكون أكـثـر عرضـة لالتـقـاط عـدوى هـذا النوع من أمـراض الرئة. ربما لو سُمِحَ لدوللى أن تتجوّل فى الحـقـول الخضـراء وتستنشـق الهـواء العليل، وتحدّق فى الأراضى والتلال لما مـاتت. لكن حـالة النجــومـيـة التى كـانت فـيـهـا فـرضـت علينـا أن نحـمـيـهـا من المجاذيب الذين ربما أرادوا إيذاءها، والمجرمين الذين رغبوا فى اختطافها، ومزحات الطلاب المحليّين.

وللتـأكد من تشخيصنا، قرر تيم كينج أن يرسل دوللى لإجراء أشعة مقطعية – حيث أخذت صورة لقطاع عَرَضِىّ من جسمها بأشعة إكس – فى الكلية الأسكتلندية للزراعة (إجراء غير تقليدى إلى حد بعيد بالنسبة لنعجة ولكنها فى النهاية نعجة مميزة) فى تلك الظهيرة نفسها، كنت أحضر اجتماعا فى الطابق الأول فى معهد روسلين. انتـهت المناقـشـة حـينمـا جـاءت إلىّ سكرتيـرتـى " لين إلفـين " تـخـبـرنى بأن تيم يريد التحدث إلىّ على وجه السرعة. نزلنا الدرج حتى مكتبى والتقطت مكالمته الهاتفية. لقد كانت إصابة دوللى أسوأ مما ظننّا. لقد أكّدت الأشعة المقطعية التشـخيص، وكشفت عن الانتشار الكامل للأورام فى رئتيها. كانت دوللى تجاهد أيضًا من أجل استعادة وعيها بعد المخدّر الكُلّى الذى استـخدم للحفاظ على عدم تحركها أثناء إجراء المسح بالأشعة. قبل موتها، الذى بدا حتميًا الآن، واجهت دوللى أسابيع من الألم والعناء.

لوهلة هناك، فى مكـتـبى، حـملت رأسـى بين يدىّ. كـانت الأمـور أكـثـر كـآبة مما توقعت، لقد أُخِذت على حين غرة، واكتنفنى حزن عميق. لقد كنا جميعًا مغرمين بدوللى ومزحاتها، وقد كانت فكرة فقدها فى مثل تلك الظروف المؤسفة صدمة قاسية. ومع ذلك بدا أن هناك رد فعل إنسانيًا واحدًا على ما تعانيه. فى حوالى الساعة الثالثة والنصف بعد الظهر، فى ذاك اليوم – عيد الحب – قررتُ أن أضع نهاية لما تعانيه. حقنها تيم كنج بجرعة مميتة من الباربيتيورات[١] قبل أن تفيق من المخدر الكلىّ. قال كينج:"لقد

---

(١) هى أملاح حمض الباربيتيوريك، ولها أنواع عدة، وكثير من الاستخدامات الطبية منها كعقاقير منومة ومسكنات للألم (المترجمة).

كانت دوللى هى الأثيرة بالنسبة لكل العاملين هنا تقريبا". "لقد أصيب كثيرون بالانزعاج فى تلك الظهيرة، وانسالت الدموع."

قبل موتها بسنوات، وعندما كانت فى الثانية من عمرها، تقدم إلينا المتحف الملكى باسكتلندا باقتراح مفاده: اتخاذ الترتيبات اللازمة لحفظ جثمانها حال موتها. سُلِخَت دوللى بواسطة مُحَنِّط حيوانات من المتحف فى ظهيرة ذلك اليوم الذى ماتت فيه. عولج جلدها بحمام حمضىّ منظّف ودُبِغَ ليتمّ حفظه. ثم فُرِدَ جلدها المدبوغ على قالب لجسمها من الفيبرجلاس، ورُكِّبت لها فيما بعد عينان زجاجيتان. تم تشكيلَ أنفها والعضلات الأخرى بواسطة اللدائن لتأخذ هيئتها، ووُضِع جسمها الممتلىء فى آخر الأمر للعرض فى المتحف الملكى باسكتلندا منتصبًا على قاعدة تمثال مربع الشكل مغطىً بالقش.

بعدما سلخت دوللى مباشرة، أرسلت بقاياها من أجل فحص ما بعد الوفاة الشامل. أجرى الفحص بواسطة "سوزان ريند" أستاذ محاضر فى علم أمراض الحيوان بجامعة إدنبره، وقد بذلت جهداً عظيمًا لتوثيق الآثار الخفية المضرّة للاستنساخ وخصوصًا على الحملان. لقد قامت سوزان ومساعدها بعمل جهيد من خلال إجراء اختبارات متكاملة وأخذ عدد أكبر من المعتاد من عينات الأنسجة، آخذة فى الاعتبار الأهمية التاريخية للنعجة محل الفحص. وبالرغم من وجود اهتمام علمى بقابلية الحياة أو النمو لدى الحيوانات المستنسخة، فقد قررنا ألا نأخذ عينات من الأنسجة لهذا الغرض، ونركّز ببساطة على تقييم حالة دوللى الجسمانية.

لقد أكدت سوزان إصابة دوللى بالورم الغدى الرئوى. امتلأت رئتا دوللى بمساحات كبيرة من الورم الصلب الرمادى الأصم. انتشر السرطان حول الكتلة المركزية ليبذر عقيدات وكتل أصغر فى نسيج الرئة المحيط بها. وُجِدَت أيضًا علامات على إصابتها بذات الجنب – كانت رئتاها ملتصقتين بجدار صدرها فى عدة مواضع. امتلأت المجارى الهوائية الكبرى والقصبة الهوائية بسائل رغوى أبيض. "كانت حالة تقليدية،" قالت سوزان. يسبب هذا المرض فيروس ارتجاعى يسمى جاجسأيكت (يعرف

أيضًا باسم فيروس الورم الرئوى الغدى). يصيب هذا الفيروس خلايا الرئة المسئولة عن إفراز سوائل الرئة (الخلايا السِنْخِيّة[١] من النوع II)؛ وعن طريق تغيير شكل ووظيفة هذه الخلايا وبالتالى زيادة أعدادها، تقوم بتعزيز إفراز سائل الرئة وتكاثر الفيروسات. ينتج السرطان لأن الغشاء الذى يغطى الفيروس يحتوى على بروتين ما، يجعل الخلايا المصابة تنقسم بطريقة غير منضبطة.

كشفت سوزان أيضًا عن مدى إصابة قائمتى دوللى الخلفيتين بالتهاب المفاصل. كانت الركبة - المفصل المعوّق - فى ساقها اليسرى هى الأسوأ من حيث الإصابة. أضحى القلق بخصوص آثار الاستنساخ الكامنة والضارة معلنًا الآن بشكل متكرر، سواء فى الدوائر الأكاديمية أو فى الإعلام. ربما تُظْهِر دوللى بوصفها أول حيوان مستنسخ من خلية بالغة كل أنواع الاختلالات. لكن فحص ما بعد الوفاة لجثتها لم يكشف، فى الحقيقة، عن أى شىء غير طبيعى على وجه الخصوص مقارنة بحيوان آخر فى مثل عمرها ووزنها.

ولأننى كنت قاطعًا بشأن إنهاء معاناة دوللى، لم ألق بالاً للتعامل مع الإعلام. لقد اعتقدنا فى البداية أنه من الأفضل أن نُبْقِى على خبر موتها الحزين طى الكتمان طوال عطلة نهاية الأسبوع، كى نجد الوقت الكافى لإخبار المدير التنفيذى هارى جريفين الذى كان بعيدًا عن مكتبه، وللإعداد لنشرة صحفية وافية. لكن نفرا كبيرا من الناس قد أصبح متورّطا فى أحداث اليوم الأخير لدوللى بطريقة أو بأخرى، الأمر الذى من شأنه أن يجعل تسرّب الخبر حتميًا. لذا قررنا إعلان خبر موت دوللى على الملأ فى الحال، إذ أن أية إلماحة بالسرية ستشحذ خيال الصحفيين ليخمّنوا ملابسات موتها التى جعلتنا نرغب فى التغطية عليها. لقد بذلنا قصارى جهدنا لكشف الحقيقة. وبالرغم من أن موتها غالبًا ما أُرجع خطأً إلى الشيخوخة المبكرة التى يسببها الاستنساخ، انهمرت

---

(١) السنخى نسبة للسنخ وهو حجيرة هواء صغيرة بالرئة (المترجمة).

رسائل البريد الإليكتروني والبطاقات من العلماء والعامة على حد سواء، معبّرة عن مُصَابهم الأليم برحيلها. لم يتوقّف رنين الهاتف لأسبوع أو أكثر.

لقد خلّدت دوللى بحملانها الخمسة ، وأنا على ثقة بأنهم تذكّروها. تفترض دراسة لـ "كيث كيندريك" فى معهد بابراهام فى كامبريدج أن النعاج تحيا حياة اجتماعية وعاطفية أشدّ ثراءً مما نعتقده نحن عن حياتها. يمكنها أن تتذكر وجوه خمسين نعجة على الأقل لعدة سنوات حتى بصورها الجانبية، بينما يتم حثّ معظم البشر لينتبهوا للفروق بين الحيوانات. هذه الحيوانات يمكنها أيضًا أن تتذكّر عشرة أو أكثر من وجوه البشر المألوفة، وتبدو أدمغتهم، مثل أدمغتنا، قادرة على تشكيل صور عقلية.

لذا، وبينما كانت دوللى تجتر بشرود واضح، فإنها ومثيلاتها من النعاج يمكنهن العيش على ذكرى رفاق القطيع الغائبين منذ مدة طويلة، والأمهات، أو حتى إنسان مميز بالنسبة لحيواتهم مثلى. حتى أثناء حالة تشوّش الذهن التى انتابتها من جراء التخدير الكلّى، فإن دوللى ربما كانت قادرة على اكتشاف الانزعاج البادى على تيم كينج عندما أنهى حياتها. النعاج، مثل مجموعة من الحيوانات الأخرى أفضل من البشر فى اكتشاف التغيرات الجسمية التى تعترى الآخرين أثناء حالاتهم العاطفية أو السيكولوجية المختلفة، حتى لو لم يكن بإمكانها أن تتخيل فيما يفكر هذا المخلوق الآخر حقيقةً.

فى يوم الاثنين ١٧ فبراير الذى تلا وفاتها، أقمت حفل تأبين فى روسلين بمناسبة رحيلها، وللتدليل على أهمية التجربة، ولنقدم الشكر لكل أولئك الناس الذين اعتنوا بها. مع الشامبانيا، اقترحنا نخبًا لدوللى كى نحتفل بحياتها الاستثنائية. أتيحت الفرصة لمانحى الرعاية، والأطباء البيطريين، والعلماء حتى يودّعوا هذا الحيوان المتميّز. كان رحيلها وقتا حزينا بالنسبة لهؤلاء، مثلى، الذين شهدوا بداية حياتها فى طبق بِتْرِى[1]، وغالبًا ما قاموا بزيارتها فى حظيرتها، وفاخروا بها أمام العالم،

(١) طبق بترى: طبق زجاجى صغير رقيق ذو غطاء مَرِن يستعمل بخاصة فى المختبرات لزرع البكتيريا (المترجمة).

وناقشوا أمورها فى كل يوم تقريبا من أيام حياتها. وحتى اليوم، عندما أمرّ بالحظيرة التى كانت تقطنها، يذكرنى المكان بها.

استنتج العديد من المعلّقين فى وسائل الإعلام المختلفة أن الاستنساخ هو المُلام على موتها. ففى الحالات النموذجية، تستطيع النعجة أن تعيش إحدى عشرة أو اثنتى عشرة سنة. عاشت دوللى ستًا فقط. أعلنت إحدى الصحف: "قد يكون للاستنساخ عواقب أبعد من مجرد مولد مخلوق." بينما قالت أخرى كلامًا ينزع إلى الشراسة: "ربما تكون دوللى النعجة قد اقتيدت نحو حتفها مبكّرا منذ اللحظة التى أتت فيها إلى الوجود." لقد بدا بالفعل أنها ورثت ست سنوات من البِلَى والتمزّق من خلية الضرع التى استخدمت لاستنساخها: وَجدت دراسات أجريت بواسطة وى كوى وهو أحد زملائى الدليل على أن حالة دوللى البيولوجية كانت أكبر سنًا من سنوات عمرها بواسطة تراكيب فى الخلايا تسمى التيلوميرات - كانت تيلوميراتها أقصر من المتوقّع وأكثر تطابقًا مع تلك الموجودة فى النعاج الأكبر سنًا. أكان الأمر هو أنها، مثل معظم النسخ، قد تلاشت أسرع قليلاً من تلك الأصلية؟

ربما كان الأمر كذلك، لكنك لا تستطيع الاستدلال بشكل كاف من حالة مفردة، وخاصة عندما لم يكن هناك نعجة أخرى للمقارنة معها: نحن لا نعرف ما يكفى عن الأمراض المتطابقة التى تصيب نعجة تبلغ من العمر ست سنوات. فى الواقع ما من أحد يمكنه حتى أن يعيّن بثقة التوقعات "الطبيعية" لعملية الشيخوخة أو متوسّط العمر المتوقّع لها، إذ أننا نميل لالتهام معظم النعاج حين تبلغ تقريبًا تسعة أشهر من العمر. ووفقًا لنموذج ميجان، وهى واحدة من الحيوانات المستنسخة التى عاشت فى ظل دوللى، بدا أن دوللى بالفعل قد نفقت صغيرة - لقد احتفلتُ بعيد ميلاد ميجان العاشر فى ١٩ يونيو عام ٢٠٠٥، مع أعضاء الفريق الأصلى الذى ساعد فى المجىء بها إلى الوجود.

لكن المرض الرئوى المستفحل الذى هاجم دوللى، وأصاب توأم ميجان أيضًا ربما يمكن القول بأنه كان متعلقًا أكثر باستبقائها فى حظيرة عن ارتباطه بكونها قد

استنسخت. وأعلنت دراسات أخرى ينبغى علىّ الرجوع إليها الكثير عن مخاطر الاستنساخ بداية من الذرية الأكبر حجما، وصعوبات التنفس إلى مشاكل فى أجهزة المناعة، وعمليات حمل فاسدة. كشف فحص ما بعد الوفاة لجثة دوللى عن عينة غير لافتة للنظر لنعجة فى منتصف العمر عانت من السمنة واستمتعت بحياة النجومية. لم يكن هناك شذوذ ما بشأن المرض الفيروسى الذى حضّنا على قتلها الرحيم. لم تُصَب دوللى بأذى من جراء الاستنساخ، مع الأخذ فى الاعتبار أنها كانت رائدة هذه التقنية.

بعد دوللى

بالقرب من وحدة الحيوان الكبيرة، على مسافة بضع ياردات من طريق عام، حيث يتجول آلاف من البشر كل عام، تقبع بناية غير ملفتة للنظر ما زالت تسمى مركز الزوار، لكنه لم يكن مبنى بلا هدف مخصص لتقديم القهوة، والملصقات والتذكارات. إنه ببساطة حظيرة بالقرب من حقل صغير، ولقد سمى بهذا الاسم، لأن المئات من الصحفيين والسياسيين وأصحاب المقام الرفيع وآخرين قاموا بالحجّ إلى هناك ، حيث التقوا بدوللى. لسنوات بعد موتها، علق الاسم بالمكان تعبيراً عن صفات النجومية التى ميزت هذا الحيوان.

افتح الأبواب اليوم، وسترى قطيعًا صغيراً من خمسة حيوانات مستنسخة فى حظيرة ممتلئة بالقش: الدليل الباقى الوحيد على سنوات الكدح من قبل فريقنا الكبير: ميجان؛ نعجتان جاءتا من تجارب استنساخ اشتملت على محاولات لزرع عامل تجلّط الدم البشرى؛ بونى ابنة دوللى، وكاتى ابنة موراج. بعد تلك الأيام المثيرة والريادية، تحركت بؤرة الجهد المبذول لاستنساخ حيوانات المزرعة فى كل اتجّاه. انفصل الفريق الذى استنسخها. انتقل كيث كامبل إلى شركة PPL، ثم إلى نوتينجهام، حيث يحاول الآن أن يطور عملية الاستنساخ .PPL فى الواقع ولا مكان غيرها. وأنا أعمل الآن فى

جامعة إدنبره، ومعهد روسلين، الذى لم أزل اتعاون معه، يركّز مجهوداته على استيلاد حيوانات المزرعة وحالتها الصحية.

لقد فتحت حياة دوللى الآفاق أمام الجديد من الفرص المثيرة بالنسبة للطب، ولكنها فى نفس الوقت أثارت قضايا أخلاقية خطيرة، إضافةً إلى الكثير من القلق. وما زالت تفعل هذا حتى الآن. أنا أشعر بزلزلة مولدها حتى وأنا أكتب هذا. كنت فى خضم ذاك الوقت بعدما انتقدنى مستشار الرئيس الأمريكى لشئون الأخلاق بعدة أيام لأننى كنت "مُضَلّلا". وعندما كان يوضّح لى أن الهندسة الجينية للبشر لن تحدث مطلقًا، أثار الاحتمالية المضحكة لتصميم بشر بأجنحة (هل كان يفكر فى الملائكة، ربما؟). لقد حوصرت أيضًا بجموع المتظاهرين المرتدين أقنعة نعاج، واقتبسوا من عنوان رئيسى لمقالة شديدة الإيجاز "أنا لست إلهًا".

أنا أومن بالحق فى التظاهر، وبنفس القدر أعتقد بأن البارانويا التى تسم عقيدة الجناح اليمينى تبطئ من عملية إنتاج العقاقير، ونتيجة لذلك سيصاب الناس بالضرر والمعاناة. ونادراً ما يؤخذ فى الحسبان ذلك الضرر الذى يمكن أن يلحق بأجيال المستقبل نتيجة إهمال تقنية مفيدة؛ الأمر الذى أجده سببًا مستديمًا للإحباط. بغض النظر عن الضجة التى كان هناك الكثير منها، فليس لدى شك فى الاحتمالات طويلة المدى. إن إنتاج الأجنة المستنسخة من المرضى، خلال العقود القليلة القادمة، سيؤدى إلى ظهور علاجات للأمراض التفسخية مثل أمراض القلب، إصابات الحبل الشوكى، تليف الكبد، مرض السكرى، داء باركينسون، الأمراض الحركية العصبية، وداء الزهايمر، وكلها تسبب تلفًا للخلايا التى لا تتجدّد أو تُستَبْدل لاحقًا. يمكننا، بخلق جنين مستنسخ من المريض، الحصول على مصدر لخلاياه هو نفسه - الخلايا الجذعية - والتى يمكن استخدامها لفهم المرض، واختبار العلاجات، وليس ترميم الجسم فحسب، بل وتجديده أيضا. بإمكان تلك الخلايا أن تتحوّل لأى نوع آخر من الخلايا.

نحن لا نستطيع أن نعرف حتى الآن أيًا من هذه الأمراض الخطيرة سيكون قابلاً للعلاج بواسطة خلايا من الأجنة المستنسخة، أو متى تُرَجَّحُ عملية البدء فى تطبيق العلاج. لكنى أومن بأن الدافع لإتمامها قوى، إذ إنه لا يوجد دواء فعال بشكل كامل لأى من هذه الأمراض والبعض منها لا يوجد له علاج على الإطلاق. ذات يوم سيتمكّن الأطباء من استخدام الاستنساخ لتنمية خلايا المريض نفسه وأنسجته، وبالتالى سيتمكنون من عمل الإصلاحات. سوف تسرع الخلايا المأخوذة من هذه الأجنة بإيجاد العلاجات الجبارة وستساعد على التقليل من اعتمادنا على البحث العلمى الحيوانى. وكمكسب إضافى، سيمنحنا هذا العمل رؤى أعمق للتنامى البشرى وكيف يمكن أن يخطىء المسار، وكيف نتدخّل، وعند أى مرحلة جنينية يساهم هذا التدخل فى منع العديد من الأمراض الجينية الرهيبة من التطوّر.

إن إمكانية الاستنساخ لتخفيف المعاناة البشرية – أو حتى القضاء عليها تمامًا بالنسبة لبعض الأمراض – أمر عظيم جداً على المدى القريب، لدرجة أننى أعتقد بأنه سيكون من غير الأخلاقى ألا نستنسخ الأجنة البشرية من أجل هذا الغرض. وعلى المدى الطويل، فإن عدداً كبيراً من البدائل والطرق التى لن تستخدم الأجنة لتنمية الخلايا والأنسجة، وربما حتى الأعضاء سيعتمد أيضًا على أسس هذا البحث. ربما يُنظر للاستنساخ حينها على أنه مجرد لهو فائض عن الحاجة.

ومع ذلك أريد أن أذهب فى حلمى إلى ما هو أبعد، إلى حد أن العلماء قد يتمكنون ذات يوم من القيام بتنمية الأجنة البشرية المستنسخة حتى نهاية الحمل كى يمنعوا حدوث المعاناة التى تسببها الأمراض الوراثية. على الأطباء أن يكونوا قادرين على إتاحة الفرصة للأزواج المعرضين لخطر الإصابة بالأمراض، لأن تحمل نساؤهم بواسطة طرق التلقيح خارج الجسم، محلّلين الأجنة الناتجة إلى خلايا، مصححين أى اختلالات جينية خطيرة، ثم يقومون باستنساخ الخلايا التى تثبت سلامتها لتشكيل جنين جديد يمكن زرعه، ومن ثمّ البدء فى الحمل. سوف يضيف هذا الكثير إلى الاقتراح المشروط لاستنساخ الكائنات البشرية وتعديلها جينيًا، لكنى آمل أن نوجد

حالة للدراسة أوضّح من خلالها هذه المفاهيم والإجراءات التى يمكن أن نبررها فى آخر الأمر، لأنها - وياللمفارقة - لا تستلزم استنساخ شخص (بالمعنى الذى يفهم به معظم الناس هذه العبارة) ولأنها يمكن أن تقدم خدمات جليلة فى مجال مكافحة الأمراض الجينية، والتخفيف من معاناة البشر.

إن الرؤية التى أطرحها تثير العديد من التساؤلات التقنية. ما زال هناك الكثير من الاكتشافات أمام العلماء حول عملية الاستنساخ والميكانيزمات الجزيئية المفصلة لكيفية حدوث الخطأ وسببه. حينها فقط سوف يجدون طرقًا لجعل عملية الاستنساخ آمنة. حينها فقط ستكون ثقتهم قد اكتملت فى عملية تنمية خلايا المريض عن طريق خلق مستنسخات الأجنة. وحينها فقط سيكونون فى وضعية تمكنهم من التفكير مليًا فى اقتراحى الذى يقول: إنه يجب علينا أن نداوى بعض الأمراض عن طريق استنساخ الأجنة الملقحة خارج الجسم.

تواجه رؤيتى أيضًا معارضة صلبة. سوف يحارب العديد من الناس أى عرض لإنتاج الأجنة. سوف يعارض الكثيرون أى استخدام للأجنة فى البحث العلمى. العديد من الناس سوف يعترضون على أى اقتراح بتعديل جينات البشر. ومن بين هؤلاء الذين يتبنّون رؤى أقل تطرّفًا، يوجد كثيرون ممن يشعرون على الأرجح بعدم ارتياح عميق تجاه ما أقترحه. لكنى أريد أن أقول ما أفكر فيه بدلاً من أن أقول ما يحب الناس سماعه، رغم أننى أتوقّع أن يعتبرنى نظرائى شجاعًا على أقصى تقدير، وغرًا ساذجًا طائشًا على أقل تقدير. حتى الآن من الصعب مناقشة هذه الأفكار على الملأ. إن رزاز الأقوال الهمجية، والادعاءات التى أطلقها الخارجون على الجماعة الذين أعلنوا أنهم على وشك استنساخ أطفال رضّع قد انحرف بالمناظرات الإعلامية عن مسارها المنشود، وعبّأ الجهود السياسية لحظر كل أشكال الاستنساخ، سواء كان تكاثريًا أو علاجيًا. باختصار، لقد هدّد مسيرة العلم الجاد.

إنّ برنارد سيجيل هو أحد الأبطال غير المحتملين الذين بذلوا مجهودًا كبيرًا لحلّ الموضوعات المتشابكة فى هذا الأمر بما يتيح الفرصة لاقتراحى - ضمن اقتراحات

عديدة أخرى تقدم بها علماء جادّون - لأن تتم مناقشته بوعى غير مشوّش. وهذا المالك السابق لبطولة فلوريدا للمصارعة، وميامى تروبيكس، أحد فرق الدرجة الثانية فى كرة السلة ، دخل قصة الاستنساخ كمحام من فلوريدا يعمل فى مجال قانون الأسرة. لقد حول اهتمامه من حالات كل يوم الموجودة كورال جابلز إلى المناظرة التلفزيونية مع رايل، ورايل هو الزعيم الروحى للرائليين (الذين يعتقدون فى وجود الغرباء من العالم الخارجى، والمؤيّدين لاستنساخ البشر). أقام سيجيل دعوى قضائية على كلون آيد، المنظمة التى ادّعت أنها على وشك استنساخ كائن بشرى - "إيف أو حواء" - فى ديسمبر ٢٠٠٢، ليكون الوصىّ المعيّن على الأطفال المزعومين. علّل هذا بأن أى شخص متهوّر بما يكفى لاستنساخ إيف لم يكن ليصبح أبًا مثاليًا. حتى وقت كتابة هذا، لم تخرج كلون آيد بأى دليل يقنع العلماء بأن حواء قد استنسخت.

لقِّب سيجل بـ "حامى الاستنساخ"، بل لقد تحول إلى تدريس كل تفاصيل الاستنساخ وعلم التكاثر، والخلايا الجذعية لمندوبى الأمم المتحدة. لقد كنت من بين العلماء الذين انضموا للهيئة الاستشارية لمنظمته غير الهادفة للربح، والتى كان اسمها بالأساس معهد سياسات الاستنساخ البشرى (اسمها الآن معهد سياسات علوم الجينات)، فى محاولة منه لرفع مستوى المناظرات، وخصوصًا ليبيّن أوجه الاختلاف بين الاستنساخ التكاثرى والاستخدامات الأخرى مثل الاستنساخ العلاجى والدمج بين الاستنساخ والتعديل الجينى. ما زلنا نحاول التأكّد من أن الأبحاث العلمية التى تضع مبدأ إنقاذ الحياة أو تحسين نوعيتها نصب عيونها لن تنتهى مثلما انتهت محاولات استنساخ الأطفال الرّضع.

هناك تساؤل ما يُمثِّل لبّ الانزعاج الذى يشعر به الكثيرون تجاه اقتراحى، وهو الحالة التى سيكون عليها الجنين البشرى حال استنساخه: هل سيعدّ بمثابة النسخة المكتملة من الحياة البشرية أم سيقع فى منطقة ما بين حالة الخلية، وتلك التى يكون عليها الانسان. وحتى لو قَبِلَ المرء بهذا الصورة الرمادية للحياة (وكثيرون لا يقبلون)، هل سيظل الجنين مستحقًا للاحترام؟ وإذا كان كذلك، فهل سيمنع هذا استخدامه فى البحث العلمى؟ هل عادة ما تبرر الغايات - علاجات الأمراض المرعبة - الوسائل

المستخدمة لتحقيقها؟ لقد أطلق جدول أعمالى تساؤلات بلا حدود. ماذا نعنى حقيقةً عندما ندين البحث العلمى بأنه غير طبيعى. ماذا نعنى حقيقة بالحياة البشرية، وبالإنسان؟ ما هو الوعى؟ حقًا، ما هى الحياة؟ آمل فى الصفحات القادمة أن ألقى قليلاً من الضوء على تلك القوى التى تحدد الآن مصيرنا التكاثرىّ.

الفصل الثانى

استنساخ الناسخ

لقد عُنيت ثلاثة مسوغات للاستنساخ البشرى بالظهورعلى نحو غير متوقع فى المناقشات العامة وكانت لها الغلبة على غيرها: الأول هو التغلب على العقم، الثانى هو "استعادة" طفل ميت، والثالث هو تكرار شخص ما ، ذو مقدرة مذهلة أو موهبة لنمنح العالم نسخًا أخرى من موتسارت، كورى أو آينشتين. ولكن ماذا عن استنساخ شخص هو أبعد ما يكون عن نموذج الذكر المثالى (حتى بالنسبة لزوجته وأطفاله)، فتى أصلع ذو لحية يحرز إلى حد مَا درجات أكاديمية غير متميزة فى المدرسة؛ شخص ما حاز الشهرة لعلاقته بنعجة شهيرة. فرد أثبت أن العلماء الذين يُفترض فيهم القيام بما هو استثنائى هم أبعد ما يكونون عن الاستثنائية، إذا تجاوزنا عن ذكر الصورة المجنونة لفرانكشتين أو سترانجيلوف. شاب عادى مثلى. فى النهاية، إذا وخزتنى، ألن أُدْمى؟ وإذا دغدغتنى ألن أضحك؟ بالطبع سأفعل.

فى تلك السنوات منذ أن كشفنا النقاب أنا وزملائى عن دوللى، سئلت لمراتٍ عديدات، عما إذا كنت سأقوم بذروة فعل الخيلاء وأستنسخ نفسى. هناك، بعد كل شىء، تاريخ طويل ومشرف لعلماء الطب الذين اختبروا أفكارهم على أكثر الموضوعات التجريبية غرائبية – أنفسهم. منذ الأيام المبكرة لعلم الطب، ابتلع الباحثون الميكروبات، حقنوا أنفسهم باللقاحات، أخضعوا أنفسهم لحميات التجويع، حتى أنهم أجروا عمليات جراحية على أنفسهم. عادة ما حل الباحثون محل أولئك

الأشخاص موضوع الاختبار، ليجعلوا تجاربهم عملية وأخلاقية على حد سواء. ولكن ليس فى حالة الاستنساخ. وحينما سُئلت عما إذا كنت سأستخدم نفسى كأحد خنازير غينيا - كان علىّ أن أوضح كيف - حتى إذا ما تم التغلب على العديد من العراقيل التقنية وأصبحت فى حجم مصغر مينى "مينى إيان ويلموت" يمكن أن أولد بلا خطر. الإجابة سوف تكون نفسها. كلا. ليست لدى أى نية لاستنساخ نفسى. يكفى إيان ويلموت واحداً.

الحياة فى ظلى لن تُطاق. حتى بالرغم من حقيقة أن المُسْتَنْسَخ سوف يكون فرداً يحيا حياته الخاصة، سيكون لزامًا عليه أن يتعامل مع توقعات الأبوين، العائلة، الأصدقاء، المعلمين، وبالطبع، الإعلام. ستكون تلك مسئولية عسيرة. تخيل ما الذى سيفعله مراهق متأمل عندما يتم إخباره بأنه نسخة جينية من أبٍ ما، إذا ما تجاوزنا عن ذكر المستنسخ. تخيل ما الذى سيكون الأمر عليه عندما تعرف أنك نتاج تجربة علمية. تخيل سخطه حين يعرف من أصدقائه أن أباه - أخاه أيضًا - كان يُدعى فى المدرسة ويلف، وربما يصبح هذا اسمًا مستعاراً جيداً بالنسبة له أيضا. ولكن أكثر من هذا أن تتخيل الحياة تحت وطأة الشعور أن المستقبل لم يعد مفتوحًا على الصعيدين الطبى والنفسى، وأن عمره يمكن أن يتبع نفس مسار والده. إن توأمى الصغير المتماثل يمكن أن يكون فرداً، شخصاً بحكم حقه الشخصى، ولكن سيكون لزاماً عليه أن يحتمل ثقل وطأة أن ينمو شاعراً بأنه نسخة طبق الأصل منى. سوف يترقب كل مرض خطير يصيبنى بذعر، متسائلاً عما إذا كان قدره أن يعانى بنفس الطريقة.

عندما يعيش ابن أو ابنة فى جلباب والد مشهور أو ذى إنجاز عظيم، فإنه غالبًا ما توجد توترات. التشابه غير المعتاد والأسباب غير المعتادة لولادة مستنسخى، إذا ما تجاوزنا عن دورى فى الولادة والجدل والضجة التى سيثيرها الاستنساخ التناسلى، سوف تخلق فى النهاية ضغوطًا أعظم كثيراً، ولا يمكن التنبؤ بها. يبدو أنه من المحتّم أن يتوقع الأبوان، الأقارب، الأصدقاء أن يكون المستنسخ محاكاة للشخص الأصلى.

(لقد سئلت مرارًا وتكرارًا عما إذا كان أطفالى متخصصين فى علم الأحياء، وللذكر فإن ناعومى كذلك، لكن هيلين عالمة رياضيات، ودين الذى تبنيناه يعمل فى الفنادق.) هذا الاعتقاد يبقى حتى بالرغم من معرفتنا بأن كل شخص متفرد ومختلف عما سواه. ما زال هناك توقع قوى بأننا سوف نشبه أسلافنا الجينيين؛ هذا التوقع سيتعاظم وبشكل طاغٍ تمامًا بالنسبة لمستنسخ غير محظوظ. إن الاستنساخ التناسلى وعلى نحو معاكس لثقافتنا الحالية سوف يتعارض مع قانون العائلة. فى دراسة مسحت أكثر من ١٨٠٠ شخص لصالح مصلحة التجارة والصناعة فى المملكة المتحدة، نشرت فى ٢٠٠٥، وجدوا أن حوالى ثلثى المستجيبين رأوا الاستنساخ "شيئًا سيئًا". مؤتمرات أخرى كشفت عن استجابة سلبية بشكل ساحق: "الناس لا يريدونه".

لعنة المستنسخ

لقد تمت دراسة التأثيرات النفسية والاجتماعية للاستنساخ بواسطة الطبيب النفسى ستيفن ليفيك **Stephen Levick** فى كتابه "الكائن المستنسخ" **Clone Being.** سوف يملك الأطفال المُسْتَنْسَخون مجموعة مربكة من العلاقات غير الاعتيادية مع أقربائهم، وسيعانون مما أسماه ليفيك "الانذهال النسبى" **"genealogical bewilder-ment"**. المستنسخ سيكون التوأم المتماثل للواهب الذى يمكن أن يكون والده أيضًا. بالمعنى الجينى، سوف يكون والدا الشخص الحاكى هما والدا المستنسخ أيضًا. على العكس، فإن الأم التى ستلد المستنسخ ربما لا تشارك أى مشاركة جينية، على سبيل المثال، إذا كان الطفل مستنسخًا لشريك ذكر أو أنثى.

فى عدم وجود عائلات للأطفال المستنسخين لدراستها، بحث ليفيك فى علاقات الحياة المعاصرة التى يمكنه عقد مقارنة معها. لقد فحص المواقف التى يمكن أن يتوقع ظهور بعض تأثيرات الكيان المستنسخ من خلالها، مثل تلك الخاصة بالتوائم المتماثلة الذين هم مستنسخون طبيعيون من بعضهم البعض، والأطفال الذين ولدوا بواسطة

استخدام التلقيح خارج الجسم (IVF) والتقنيات التكاثرية الأخرى. إن آباء هؤلاء الأطفال، إذا كانوا مدركين لطريقة حملهم عالية التقنية، فإنهم ربما سيستمرون فى تذكير أبنائهم وبناتهم بأنهم "متميّزون". لويز براون Louise Brown أول طفلة أنابيب فى العالم، طالما تساءلت عما إذا كان سيمكنها أن تنمو لتصبح طبيعية: "هل سأنمو برأسين أو شىء ما؟" سوف يسألها أطفال المدراس عن كيفية ملاءمتها لأنبوبة الاختبار."لقد عرفت أنها لم تكن أنبوبة اختبار، وقد اعتدت السأم من جراء توضيحى لهذا آنذاك. لم يكونوا ليفهموا أنى ولدت من أمى حقيقة".

رؤى أخرى مهمة لعدد وافر من المستنسخين تنبع من أولاد الزوج أو الزوجة من زواج سابق. ابن الزوج أو الزوجة من زواج سابق يرتبط نسبا بأب واحد فقط، تماما كما يحدث فى الاستنساخ حيث يكون هناك "والد" جينى واحد فقط. هنا يمكن للقاعدة المُبَرمَجَة وراثيًا - ساعد نسيبك الأقرب - أن تكون انعكاسًا لصورة قبيحة فى المرآة، طبقا لستيفن ايملين Stephen Emlen بجامعة كورنيل[1]، يعانى أولاد الزوج أو الزوجة من زواج سابق، فى المتوسط، من معدلات مرتفعة من الإيذاء الجسدى والجنسى وربما الوفاة عن أولئك الأطفال الذين ينتمون للعائلات السليمة. يميل زوج الأب أو الأم إلى استثمار وقت ومجهود أقل فى ذرية شركائهم من زواج سابق عن ذلك الذى يفعلونه مع أبنائهم هم. أظهرت دراسة أن معدلات الإيذاء الجسدى لبنات الزوجة من زواج سابق هى ثمانى مرات أكثر من البنات البيولوجيين. أطفال الزواج السابق فى العائلات الجديدة يميلون إلى ترك البيت مبكرًا بشكل ملحوظ عمن هم فى العائلات السليمة. وتلك العائلات فى المتوسط أقل استقرارا من تلك السليمة. ترتفع معدلات الطلاق اللاحقة فى علاقات الزواج الثانى وتزداد ارتفاعا بزيادة عدد الأطفال من تلك السابقات. لقد أشار ليفيك إلى أن مخاطر مماثلة يمكن أن تواجه المستنسخ. ربما ينظر الوالد الجينى للمستنسخ على أنه "طفلى" أكثر منه "طفلنا".

---

(١) تنص هذه القاعدة على أن الإنسان يكون أميل إلى من يشبهونه وراثيًا بدرجةٍ أكبر (المراجع).

قال ليـفيك: إلى أى والد لديه الدافـع لاسـتنسـاخ نفسـه أو نفسـها يكون موعـودا بالشعور بالخذلان من النتائج. فالنرجسى عادة ما يخيب أمله فى أطفاله أو أطفالها، وفشلهم فى أن يعيشوا حياتهم وفقا لـ"الكمال". هو سيشعر بلا ريب أنه مؤهل، لتوقع أن يكون المستنسخ شبيهه تماماً أو صورته المتخيلة. عديد من الناس كان عليهم أن يناضلوا بالفعل تحت وطأة توقعات أبوية غير واقعية. بالنسبة للطفل المستنسخ، يمكن أن يكون الضغط شديداً حتى لو أدرك الأبوان بخبرتهما أن التنشئة على نفس القدر من الأهمية كالطبيعة. "سوف يكون من المحتمل أن يواجه المستنسخ صعوبات شديدة فى اجتياز كل مرحلة من مراحل النمو النفسى والنفس – الاجتماعى"، هكذا استنتج ليفيك. وبالرغم من اعتباراته حول احتمالية تأثيرات المرض النفسى لكون الطفل مسْتَنْسَخًا، فإنه لم ينصح بالحظر: "الاستنساخ فى حد ذاته لن يكون خطأ." إن أى تحريم، مثل ذلك القائم بصورة ملائمة فى المملكة المتحدة، سوف يصم بالعار أى طفل مستنسخ. سيتم دفعهم للشعور بخزى عميق بالرغم من عدم مسئوليتهم عن شىء. إن التحريم سوف يدفع بالاستنساخ إلى ما تحت الأرض، جاعلاً من مساعدة أى مُسْتَنْسَخ عملية أكثر مشقة.

وفى محاولة منهم لتعويض فقدهم الرهيب، قد يرغب بعض الآباء فى استنساخ طفلة من إحدى خلايا الابنة الميتة. لقد تحرى ليفيك ما يمكن أن يحدث عن طريق رسم مثال لأبوين سلبهما الموت طفلتهما، فيحاولان التعامل مع هذا الفقد بالحصول على طفلة أخرى، على أمل أن تحل الطفلة الجديدة محل تلك التى ماتت. سترى المستنسخة نفسها تعويضاً، ذكرى حية لمن ماتت. ستعانى من صعوبة فى تطوير هوية متفردة خاصة بها، وسيكون من غير الملائم بالنسبة لها أن تملأ حذاء شبح. لقد قادت النتائج المأساوية المحتملة التى تنبأ بها ليفيك، لأن يرى أية محاولة لاستبدال الموتى بواسطة الاستنساخ عملية غير أخلاقية.

هناك أيضاً أسباب علمية وجيهة تفسر لماذا لن يكون المستنسخون مطلقاً نسخاً متطابقة. الجينات ليست بالقوة التى يظنها الكثير من الناس. المستنسخ يمكن أن

يحوز على جينات متطابقة مع تلك الخاصة بالطفل المفقود، ولكن هذا ليس كافيًا للتأكيد على أنه سينمو بنفس الطريقة. إن تأثير الجينات يتم تعديله بطريقة ذات مغزى بواسطة البيئة. فالجينات فى حوار دائم مع البيئة المحيطة. إنها فى حوار مع باقى الخلية التى يكمنون فيها؛ والخلية فى حوار مع الخلايا الأخرى فى الجسم التى بدورها فى حوار مع العالم ككل، من خلال التعليم والخبرة. هذا الحوار المتداخل يصوغ تطور البويضة الملقحة إلى أدمغة أو عضلات. تماما مثلما لا يستطيع المرء حقيقة أن يحيا اللحظة مرة أخرى، فإن هذا الحوار لا يمكن مطلقًا إعادة إنتاجه بالضبط. وكما سأشرح لاحقا، إن شخصية المستنسخ سوف تكون متفردة. ولهذا السبب وحده، فإن الاستنساخ لا يمكنه أن يبعث حبيبا.

تخلص من الشبح

نشأت العديد من المعانى السيكولوجية الإضافية للاستنساخ، لأن كثيراً من الناس ما زالوا يعتقدون – بشكل خاطئ – أن الاستنساخ هو طريقة لنسخ كائن بشرى آخر، تمامًا كناسخ ضوئى يقوم بنسخ عدة نسخ مطابقة من وثيقة ما. إنهم يتصورون أن عملية الاستنساخ سوف تسعى إلى مجرد إنسان، ولكن ذلك الشخص فى لحظة معينة من الزمن، ربما حتى سيستعيد لحظة مفقودة، ليحاول أن يتحدى ما سماه الروائى ميلان كونديرا "خفة الكائن غير المحتملة". هذا لا يمكن فعله: فحتى التوائم المتماثلة التى نمت فى نفس الرحم وخضعت لنفس التنشئة ليست على الإطلاق متطابقة حقيقة. إن الهوية الجينية ليست مثل الهوية الشخصية، والنفوس بخلاف الخلايا، لا يمكن استنساخها.

إن تأثير البيئة، الحظ، والظروف، سوف يجعل من المستحيل بالنسبة للمستنسخ منى أن ينمو بنفس طريقتى. سوف ينمو فى زمن مختلف وفى مكان مختلف، آكلا طعاما مختلفا ومستمعا للغة مزخرفة بكلمات دارجة مختلفة واصطلاحات مختلفة.

سوف يكون له أصدقاء مقربون مختلفون، ومعلمون مختلفون، وأحبة مختلفون، وهكذا. خذ مثلا : فردين من الناس، أحدهما قضى أهم سنين عمره فى الفترة ما بعد الحرب المتزمتة أثناء أربعينيات القرن الماضى، والآخر أثناء السنوات الليبرالية والمتحررة نسبيًا فى أوائل القرن الواحد والعشرين. مهما حدث لن يستطيعا أن يفكرا بطريقة متشابهة.

إن آباء المستنسخين الطبيعيين - التوائم المتماثلة التى أتت من بويضة بشرية واحدة - غالبا ما يلبسونهم بطريقة مختلفة ويؤكدون على الاختلافات فى الشخصية، فى محاولة منهم لجعلهم متفردين حقيقيين، لكن هذا غير ضرورى. فى باكورة الحياة تحديدا، ينزرع الجنينان فى مكانين مختلفين فى الرحم، أو يسحبان من مكانين مختلفين بذات المشيمة. ونتيجة لهذا، ستختلف بينهما وسيلة الحصول على الغذاء، بالإضافة إلى التعرض للسموم والميكروبات المعدية. ربما يكونان قد امتلكا فى البداية ذات الشفرة الجينية، لكن تلك الشفرة يتم تغييرها بواسطة الأخطاء والأغلاط التى تحدث عند تكرر الجينات فى أجسامهم. إن الطريقة التى تعمل بها الجينات أو تتوقف عن العمل بواسطة عملية تدعى imprinting الدمغ، يمكن أن تكون مرقعة ومختلفة بالنسبة لكل توأم. إن اختلافات طفيفة فى تواتر انقسام الخلية، أو فى معدل هجرة الخلايا يمكن أن تغير بشكل طفيف فى مظهر أحد التوأمين مقارنة بالآخر.

إن المخ يمكن أن يتأثر بطريقة مشابهة. فاختلافات صغيرة فى الطريقة التى يعمل بها الجهاز العصبى وينضج، يمكن أيضا أن تؤثر على المقدرة أو السلوك، رغم وجود عوامل أخرى عديدة هى أيضا مهمة فى تحديد هذه السمات. إن التوائم المتطابقة أكثر تشابها عن ذاك الذى بينك وبينى. لكنهم ليسوا متطابقين فى الحقيقة كلية.

الكثير من الأدلة من استنساخ الحيوانات، من القطط إلى البغال، تظهر كيف تصوغ البيئة فردا، كما تفعل الجينات تماما. لقد استنسخنا أربعا من الكباش

الدورسيت، سيدريك Cedric وسيريل Cyril وسيسيل Cecil وتوبنس Tuppence، من خلايا جنينية تم زرعها فى المعمل. لقد كانوا متطابقين جينيا مع نفس المزرعة لخلايا جنينية من رأس دورسيت، وحتى ذلك الحين كانوا مختلفين فى الحجم والمزاج. وبالرغم من أنهم جميعا كانوا أكثر عنفا من الإناث، كما يمكن للمرء أن يتوقع، كان توبنس إلى حد بعيد الأهدأ بين الأربعة. إن انحرافات صغيرة فى انقسام الخلية وهجرتها تنتج اختلافات فى نمط توزيع الأبيض والأسود فى جلد أبقاراللبن الهولشتين المستنسخة. أول أنثى حصان مستنسخة فى العالم وتدعى بروميتا Prometa قد كشف النقاب عنها فى ٢٠٠٣ بواسطة سيزار جالى Cesare Galli من مختبر تقنيات التكاثر، كريمونا Cremona، إيطاليا، يمكن أن تتميز عن أختها أو أمها (عادة، كانت مستنسخا للأنثى التى حملتها) بشريط أبيض وهكذا.

وعلينا أن نتوقع انحرافًا من أى نوع، على مقتنى الحيوانات الأليفة ألا يتوقعوا أن المستنسخ الجديد سيكون متطابقا مع قطتهم الأخيرة المنتحب عليها. لقد لوحظ هذا مع أول مستنسخ سنورى استنسخ فى تكساس A&M بواسطة مارك ويستوسين Mark Westhusin. كان القط رينبو نموذجيا مرقط الإهاب مع بقع بنية اللون وأسمر ضارب إلى الصفرة مع ذهبى على أبيض. سى سى CC (بمعنى "نسخة بالكربون")، مستنسختها، لها معطف رمادى مخطط على أبيض. وبينما كانت رينبو قصيرة مكتنزة، كانت سى سى ملساء الصوف، رينبو كانت متحفظة، وسى سى كانت مازحة وهكذا. إن التوقعات بعمل نسخ مطابقة دقيقة لترقيع القط وتنقيط الكلب تبدو باردة جدا.

عمل صعب على الاتّباع

التوائم والحيوانات المستنسخة تظهر ذلك، بسبب اختلافات بالغة الصغر فى الطريقة التى تستخدم بها الجينات فى الجسم، مستقبل المستنسخ مفتوح للغاية. إن

سيرتى الذاتية توضح التأثيرات العميقة المتساوية لوضعية حدوث الصدفة والسرنديبية (موهبة اكتشاف الأشياء النفيسة مصادفة): إن الصلصال الجينى الأساسى للحياة يمكن أن يُصَحَّن ويُصَاغ ويقولب إلى تنويعات لا نهائية.

لقد كان والداى حرفيين بسيطين من الطبقة الوسطى. كان كلاهما متعلم، وفى تلك الأيام كانا يستطيعان دفع المال لشراء منزلهما الخاص دون الحاجة لقرض خاص من الحكومة. لقد استمتعنا بعطلات نهاية الأسبوع والإجازات فى عربة نوم متنقلة سائحين فى بريطانيا. لقد كان والداى مغرمين بصفة خاصة باكتشاف أبعد المناطق فى اسكتلنده، حيث الطرق ذات المسلك المفرد قليلة الاستخدام والعشب النامى فى منتصفها تماما.

وبرغم أنى ولدت فى هامبتون لوسى Hampton Lucy بالقرب من ورفيك War-wick، فإننى نشأت فى وحول كوفنترى Coventry حيث درس أبى قبل الحرب العالمية الثانية، ولطالما كانت كوفنترى واحدة من أفضل مدن القرون الوسطى المحافظة فى أوروبا، ولكنى عندما ركضت حول شوارعها كصبى، تركت فىّ ندوبا عديدة. لقد كانت فى موضع القلب بالنسبة للتصنيع البريطانى أثناء الحرب، وقد جعل منها ذلك هدفا عظيما لقنابل غارات النازى. على عكس القرية التى أعيش فيها الآن، لم تكن تمنح أية بانوراما، أو مشاهد، أو آفاق. لقد شعرت برهاب الاحتجاز، وأصبحت أتوق إلى الأماكن الفسيحة المفتوحة.

عندما كنت فى السادسة، انتقلنا إلى شيبلى Shipley، فى الدائرة الغربية ليوركشاير Yorkshire، وتعلمت فى المدرسة التى تعلم فيها أبى، فى سالتير Saltaire، كانت نموذجًا للقرية الصناعية المشيدة بواسطة المحسن الفيكتورى السير تايتس سولت Titus Salt، وبينما كنت أزور جدى فى الشاطئ الساحلى لموريكامب Morecambe عندما كنت فى العاشرة، التقيت برمز ملهم. قبطان بارز من البحرية التجارية! إن مستقبلى قد أصبح الآن واضحًا تماما: لقد رغبت فى أن أترك شيبلى،

وأرتاد البحار. على مدار السنوات القليلة اللاحقة، نما اهتمامي بالمحيط إلى وسواس. ولكن كانت هناك مشكلة واحدة - طفرة في أحد الجينات على الكروموسوم X الخاص بي.

أنا من بين سبعة بالمائة من الذكور الذين لا يستطيعون التمييز بين الأحمر والأخضر. لقد افتقرت إلى جوهر البحرية الأساسي. عندما تأتي إلى المراهقين، تكون تلك الكلمة الصغيرة "لا" عاجزة عن الإقناع. وفضلا عن انتقاد المسار المهني الذي اخترته، تبنت أسرتي طريقة أكثر حذقا لإقناعي وعمري أربعة عشر عاما بأن الحياة في أعالي البحار لم تكن مناسبة. أحد أعمامي تصادف كونه طبيبًا للعيون، بعث بي إلى أرصفة تحميل وتفريغ السفن، كي أتعلم من المصدر الأصلي ما الذي يمكن أن يحدث إذا لم أستطع تمييز ضوء الملاحة الأحمر، بالنسبة للميسرة، من ضوء الميمنة الأخضر. سرعان ما أدركت أن الكابتن ويلموت يمكن أن يكون خطرا على نفسه، على طاقمه، وعلى السفن الأخرى. اليوم، سوف يجد مستتنسخي أن البحرية ستسعد بقبول المصابين بعمى الألوان، ولكن في بعض المناصب فقط. سوف يمكن لمستتنسخي أن ينتهي من الإبحار في البحور السبعة، على أن يكون سجينا لدائرة المؤتمرات العالمية التي سيطير لها عبر مياه العالم ولا يبحر فيها مطلقا.

لو علم مستتنسخي أكثر عن تنشئتي، سوف يكون قلقًا من الذهاب إلى المدرسة. بمرور الوقت، واجهت اختباراتي التأهيلية، في السادسة عشرة من عمري، انتقلت إلى سكاربوروف **Scarborough** وفي وقت حرج بالنسبة لتعليمي، توقفت عن الذهاب للمدرسة ، بسبب التهاب الزائدة الدودية. لقد رتبت لأحصل على أربعة من مستويات O وكان لزاما على أن آخذها ثانية. عندما لاح في الأفق المعلم الأكاديمي التالي - المستوى A تم إخباري بأني قد رسبت في الكيمياء. عزمت على تعويض الوقت المفقود ونجحت في الكيمياء وعلم الحيوان، لكنني رسبت في علم النبات.

أحب أن أكون قادرا على أن أحكي هنا بعضا من القصة العملية حول الكيفية التي التقطت بها نفسي وأخرجت لساني بجرأة، بالرغم من ضربة المطرقة هذه التي

سقطت على ذاتى، وأخبرت أصدقائى بالمدرسة بأننى فى يوم من الأيام، سوف أفعل شيئا ما سيجعل رئيس الولايات المتحدة يتردد لإنعام النظر فيه. لكنى لست مصابا بضلالات العظمة، ورأيت نفسى كتلميذٍ من النوع المعتدل. إن النكسة النباتية التى منيت بها أكدت – فحسب – هذه الحقيقة. ربما، ومع ذلك، فإن بداية طبقة الصوت المنخفضة هذه بالنسبة لمهنتى سوف تزيل عن مستنسخى ضغط الأداء.

أسيكون مستنسخى محظوظا مثلى؟ ويقع فى حب حياته فى المدرسة؟ لو لم يحدث، فإنه سيفتقر إلى الذى طالما اعتبرته المفتاح المقوّم فى حياتى، محركى العاطفى الذى ساعدنى على مواصلة المسير. لقد قابلت فيفيان Vivienne عندما كنا ندرس فى المستوى A فى سكاربوروف. لقد اجتازت هذا المستوى فى الرياضيات والفيزياء والكيمياء، وما زالت تحفّزنى حتى اليوم. أنا أشعر بأنى أعرفها جيداً أكثر مما أعرف أى انسان آخر. حتى الآن من الصعب على أن أتخيل ما الذى سيدور بذهنها إذا ما اضطرت إلى تحمّل مستنسخى، وقد وجدت نفسها تعتنى بفتى المدرسة الذى بدا فقط شبيها بذلك الذى وقعت فى غرامه منذ عقود مضت. كيف ستنظر إليه؟ بعض الملاحظين، منهم ليفيك، قد تنبأوا بأن الاستنساخ سوف يزيد من غشيان المحارم.

أربعة عقود مضت، بعد أدائى غير المتميز فى المدرسة، وجدت نفسى أعمل فى المزارع وأحضر بعد ذلك فى كلية الزراعة بجامعة نوتنجهام. العمل بالزراعة كان حبى التالى، ليس على الأقل، لأنى أردت أن أستنشق هواء نقيا، ولكنى اكتشفت أنى بحاجة إلى عقل جيد للعمل أيضاً، وهذه هى النقطة المهمة التى كنت افتقر إليها. فى نوتنجهام استحوذت على مادة أذهلت الناس منذ أيام اليونانيين القدماء – علم الأجنة، دراسة كيف تتحول لطخة بالغة الصغر إلى حيوان حى يتنفس – ودرست مع ج. إريك لامينج G. Eric Lamming، الخبير فى مجال تناسل الحيوان بطبيعته الواقعية. وكمزارع فى أعمق أعماق قلبه، أنشأ لامينج Sutton Bonington ساتون بونينجتون ليصبح أهم معاهد البحث العلمى الحيوانى فى العالم، وهناك حيث سينتهى كيث كامبل كأستاذ.

لقد استمتعت بالعمل فى المختبر فى نوتنجهام، وفى عامى الثانى قررت أن أكتب إلى المراكز البحثية المجاورة، لأجد لنفسى عملا فى الصيف. موجة صغيرة من الالتماسات الكئيبة أكثر فأكثر انتشرت من مكمنى فى ساتون بونينجتون إلى المختبرات الأبعد مسافة من شيلتينهام Cheltenham، المنتجع المترف فى جلوشيسترشاير Gloucestershire حيث كانت فيفيان تعمل، وحيث أردت أن أكون. أدى بى هذا إلى استراحة محظوظة ستغير حياتى. لقد فزت بمنحة تعليمية للعمل فى مراكز البحث الحيوانى بكمبريدج التى قامت بإسهامات عظيمة لتطوير طرق تجميد المنىّ، وإحداث الحمل عن طريق نقل المنى للأبقار (تخصيب صناعى) مستعيدين الأجنة البقرية وتربيتها فى المختبر بين أمهات مختلفات. فى ذلك الصيف، أخذنى كريس بولج Chris Polge وهو أحد الرواد العظام فى علم تناسل الحيوان، سواء كمقاول وكباحث، لمدة شهر أو اثنين. ذلك ما ميّز البداية الحقيقية لمسارى المهنى.

فروستى

يعد كريس عالمًا بعيد النظر، ومعلمًا صبورًا، ومازال صديقا كريما. فأثناء الصيف الأول الذى عملت فيه عنده، كان المركز البحثى مستضيفا للبروفيسور ب. ن. بيلى B. N. Billy لمدة يوم من جامعة ميسورى - كولومبيا. كان فى زيارة لبريطانيا للعمل على الدورة الشبقية oestrus cycle عند الخنزير، وكيفية التحكم فيها. أقيم على شرفه حفل شواء فيه شرائح الستيك الجيدة والضلوع المشوية، أقامه كريس وزوجته أوليف، فى بيتهما فى جيرتون. كان ذلك الوقت الذى خضت فيه تجربتى الأولى للحصول على الثروة (على الأقل ما اعتقدته ثروة) والتكنولوجيا المكتبية المتقدمة (بالنسبة لمنتصف ستينيات القرن العشرين): وقعت عينىّ لأول مرة فى حياتى على ورقة فئة عشرين جنيهًا استرلينيًا، كنت قد حصلت عليها لأدفع ثمن استخدام آلة تصوير مستندات، مما خلف لدىّ انطباعًا خاطئًا تمامًا بأن البحث العلمى كان وسيلة

لكسب المال (بالتأكيد ليس العمل فى مختبرات الحكومة البريطانية، واحسرتاه). لقد قضيت الساعات فى نسخ سجلات التجارب، وبهذا تمكن كريس وبيلى من الحصول على نسخ السجلات بمجرد أن عاد بيلى للولايات المتحدة.

وبينما كان لزامًا على أن آخذ حصتى العادلة من العمل المختبرى الروتينى متضمنا العناية بالخنازير وتنظيف المختبر، واتتنى أول فرصة للتعامل مع السائل المنوى والأجنة. لقد درست الأجنة الحية للمرة الأولى مشاهدا إياها عندما يبدأون فى تنظيم أنفسهم داخل كيس من الجلد مع عظامه الملحقة، العضلات، والأنسجة - الجنين النامى - وأجهزته الملحقة: المشيمة، الحبل السرى وهكذا. كما تعلمت أيضا التعرف على العلامات التى تظهر أى البويضات لقّحت ونمت بشكل طبيعى.

ومثل العديد من الطلاب الآخرين، تعلمت الكثير أثناء استراحة القهوة بنفس القدر الذى تعلمته فى المختبر. أحيانا ما تكون الدردشة حول الكريكيت، الموضوع المحبب لقلب كريس بولج. فى أوقات أخرى حول القيل والقال والشخصيات، عادة من قبيل التنوع العلمى. لكن فى معظم الأوقات ناقشنا التناسل. تماما بالضبط كيف لأنثى الخنزير الأليفة أن تعرف إذا ما كانت حبلى أم لا. لقد ثبت فى النهاية أن أنثى الخنزير تحتفظ بالحمل فقط إذا كان لديها أربعة أجنة أو أكثر ينمون بداخلها. ولو كان هناك أقل، فإنها تعود للشبق (الاهتياج الجنسى عند أنثى الحيوان) لتحظى بفرصة إنتاج صغار أكثر. لقد كنت مأخوذا بمثل هذه التساؤلات. أدركت حينها أننى - إذا استطعت - أردت أن أبنى مستقبلا لنفسى فى البحث العلمى.

بعد عمل الصيف، وجدت نفسى مرة أخرى فى الجامعة باحثا عن منصب بحثى. كتبت لكريس، فى أواخر ذلك العام، سائلاً إياه أن يمنحنى توصية. لم أسأل عن وظيفة، لأنى علمت أنه لا توجد وظيفة لشغلها. هنا مرة أخرى، سيكون أى مجهود لخلقى فى حجم المينى مستعصيا على إعادة إنتاج ما حدث لاحقا. قليلون من الناس من امتلكوا مسارا مهنيا يسير فى خط مستقيم، لكن عند هذه النقطة الحاسمة،

كان مسارى المهنى مستقيما. فاجـأنى كريـس بطلبه لعودتى، عارضا علىّ منصبًا بعد تخرجى، ممولاً من قبل منحة دراسية تمنحـها هيئة تطـوير صناعـة الخنازير The Pig Industry Development Authority . لقد أصبحت محظوظا بسبب مصيبة فظيعة أخرى: أحد أعضاء فريق كريس انتحر. بالتأكيد كانت مشاعرى مختلطة. لقد كنت مضطربًا بسبب الظروف الرهيبة، لكن ذلك انقلب إلى إجازة مدهشة بدون أن تتعرض مهنتى للإخفاق، حينئذٍ ولاحقًا.

بعد الانتهاء من دراستى والحصول على درجة جيدة مشرفة من الفئة الثانية، عدت إلى مركز البحث الحيوانى، حيث وجدت نفسى أستذكر من أجل الحصول على أطروحة الدكتوراه فى كلية داروين بكامبريدج مشتغلا على تجميد منىّ ذكر الخنزير. الأكثر أهمية، أننى عدت لأعمل تحت سلطة كريس مرة أخرى، الذى كان من بين إنجازاته العديدة، العمل الرائد فى الخمسينيات الذى أظهر كيف يمكن لجزيئ صغير - الجليسرول - أن يحمى الخلايا المجمدة. كان له أيضا أسلوبه الإدارى الذى لاءمنى: كان دائما متاحا ليتحدى أفكارى ويقدم النصيحة، لكنه تركنى لأكتسب المعرفة خلال بحثى.

ذلك المشروع الأول سوف يضرب مثلا لنموذج يحتذى به لأعمالى اللاحقة. إن اكتشافى لكيفية تجميد المنى بنجاح، تطلب منى أسلوبا نظاميا، سوف يكون فيما بعد فى المتناول لإجراء الاستنساخ المثالى. إن تجميد المنى بمثل هذه الطريقة، بحيث يمكن إعادة تنشيطه فيما بعد يعتمد على أى من الكيماويات الواقية استخدمت، ومعدل تبريد المنى، وعوامل أخرى كثيرة، كثيرة جدا فى الواقع يمكن بسهولة أن تفقد فى غابة من التباديل.

لقد حظيت بفرصة طيبة للتعلم على يد زائر مجرى لمعمل كريس، ستيف سالمون Steve Salamon الذى منحنى العديد من الرؤى لتجارب فعالة، يمكن أن تمدنى بمسار واضح وسط غابة من التنوع بدون الانحدار نحو تشوش المحاولات المحضة والخطأ. ملهما بسالمون وبمعدات صممت بواسطة جون فيرانت John Ferrant فى مجلس

البحث الطبى فى هارو Harrow، اختبرت أنظمة تجميد مختلفة، مستخدما ما أسميته "four-seater loo" كل لعبة ورق كانت قارورة من النيتروجين السائل تم تجميد الأجنة بها عند معدلات تتنوع من كسر/ جزء من الدرجة السليزية (درجة الحرارة) فى الدقيقة إلى مائة درجة فى الدقيقة. لقد كان من المحتمل أنه فى ذلك الوقت تقريبا أصبحت على وعى بالاستنساخ لأول مرة، جدير بالذكر المجهودات التى قام بها ديريك برومهول Derek Bromhall لإكثار الأرانب فى أكسفورد، الذى سيصبح واحدا من الضحايا الأوائل للاستنساخ البشرى (المزيد عنه فى الفصل القادم).

بعد أن انتهيت من أطروحتى للدكتوراه من جامعة كامبريدج، فى ١٩٧١، كنت محظوظًا لكونى قادرًا على أن أتدبر عملى مع كريس بولج، هذه المرة ممولاً بمنحة دراسية من قبل هيئة تسويق الألبان Milk Marketing Board – اختفت الآن – هذه المنظمة التى دعمت كل أوجه إنتاج الألبان وتوزيعها، ومن ضمنها تربية السلالات العليا من الأبقار. منحت الأبحاث على الماشية بواسطة المتخصصين فى علم الأحياء مثل كريس، والمتخصصين فى علم الجينات فى إدنبره ببريطانيا بعضًا من أروع (بالمصطلحات الإنتاجية) الماشية المنتجة للألبان فى العالم. لقد كنت قادرا على العمل مع تيم راوسون Tim Rowsonالطبيب البيطرى بالمركز، الذى تعلمت منه تقنيات الجراحة، تلك المهارة التى ستصبح فى يوم من الأيام مفيدة للاستنساخ.

لقد كنا أول من نجح فى تجميد أجنة العجول، ثم نقوم بفك التجميد وننقلها إلى أم بديلة. تمثّل التحدى فى إيقاف تكوّن بللورات الثلج التى ستُتلف على نحو مهلك خلايا الجنين. أثناء التبريد وعندما يتكون الثلج فى المحلول حول خلايا الجنين، تصبح الأملاح فى المحلول المتبقى مركّزة أكثر فأكثر، وكنتيجة لهذا، سوف ينسحب الماء خارجا من الجنين إلى هذا المحلول، بواسطة عملية تسمى النفاذية osmosis. لقد عيّنت معدل التبريد الذى منع بللورات الثلج من التكون فى الجنين. فك التجميد يجب التحكم فيه أيضا بدقة. لأن الحصول على الأجنة واختبار قابليتها للنمو يستغرق الكثير من الوقت، كان هذا المشروع مجهداً؛ ولكنه كان يستحق كل ذلك المجهود.

كانت النتيجة أول عجل مجمد فى العالم، ناتج عن تهجين الهيرفورد والفريزيان. لقد قررنا تسميته فروستى Frostie. الحدث الذى أدى إلى ولادته فى ١٩٧٣ قد صوّر سينيمائيا بواسطة طاقم التليفزيون الهولندى الذى خيّم لعدة أيام داخل الحظيرة، ليكونوا متأكدين من أنهم سيشهدون وصوله. عندما ولد فروستى على يد تيم راوسون، احتفلنا مع الشامبانيا، عرض متهور بصورة مناسبة حثتّنا عليه وجود كاميرات التصوير. كما ذكرت الديلى ميل The Daily Mail: "عجل عصر الجليد يُثبِت وجوده." احتككت أيضا بخبرتى الأولى فى التعامل مع الإعلام. لحسن الحظ، بينما كنت أقود إلى أول لقاء تليفزيونى لى على الهواء فى نورويتش Norwich، سمعت مراسلاً علميًا يناقش فروستى على إذاعة البى بى سى، ويقدم ملاحظات مفيدة وحصيفة حول أهميته بالنسبة للزراعة. حتى مع تلك الإلماعات المفيدة حول كيف يكون المرء بليغا ومفهوما، كنت مازلت مرعوبا، لأنى تكلمت من استوديو فى نورويتش إلى مقدّم نشرة أخبار التاسعة الذى كان يملك جمهوراً عريضاً فى تلك الأيام.

شكراً للوقت الذى قضيته مع كريس بولج فى الستينيات والسبعينيات. لقد امتلكت الخلفية لفهم فسيولوجيا التناسل، التقنيات الأساسية التى يتطلبها هذا المجال البحثى بما فيها الجراحة، والبراعة الإدارية فى التجارب التى كان من المحتمل بصورة أكبر أن تنتهى بالفشل عن أن تنتهى بالنجاح. لقد بدأت بالتفكير حول الحياة والموت: عندما حاولنا أن ننعش الأجنة من حالتها المتجمدة، وبعضها كان ميتا وغير مستجيب. لكن ما الحالة التى كانت عليها قبل أن نفك تجميدها؟ وبالطبع، بدأت أقدر ضغوط التعامل مع الإعلام. هذه الخبرة التى ستثبت فعاليتها فى حالة دوللى.

روسلين، استزراع العقاقير[1] وما وراءها

لقد منحنى فروستى سمعة طيبة، أتاحت فرصًا جديدة. فى ١٩٧٤، فقد انضممت إلى منظمة أبحاث تربية الحيوان التابعة للحكومة-Animal Breeding Research Organization, ABRO، فى اسكتلندا. فى البداية كنت مستقرا فى مختبرات خاصة بالمزرعة فى درايدن Dryden، بالقرب من روسلين، بطول سقائف الماشية وحظائر الخنازير، لكن فى ١٩٨٧، وكجزء من عملية إعادة تنظيم كبرى، تم نقلنا جميعا بالقرب من قرية روسلين (روس تعنى موقع، ولين تعنى شلال الماء)، حيث تقع قلعة متهدمة، حيث كانت هنالك صناعة تعدين بمجرد أن أصابها البلى والتمزق، استخدمت تلال البلاد المنخفضة المحيطة كمرعى، ومازالت بواسطة قطيع وراء قطيع من الماشية الأسكتلندية الداكنة. القرية أيضا هى موقع كنيسة روسلين التى ترجع إلى القرن الخامس عشر. وهى تجثم فوق الكثيب الشمالى مع طبيعتها الداخلية المنحوتة بأناقة، ربما تحتوى طبقا لبعض المؤمنين على الكأس المقدسة أو تابوت العهد[2]، أو جزء من الصليب الحقيقى الذى صلب عليه السيد المسيح.

لقد دمج ما اصطلح على تسميته بمعهد روسلين فى ١٩٩٣ اثنين من فرق البحث، أحدهما يختص بالدجاج وغيره من الطيور الداجنة، والآخر بالماشية، والأبقار، وثدييات المزرعة الأخرى. اليوم يستند روسلين على المجلس البحثى الحكومى للعلوم الحيوية والتقنية الحيوية ويحتل مبنىً زجاجيًا بأسقف مائلة مكونًا من طابق واحد فى الجزء الأكبر منه – أى شىء أطول ربما يكون أحمقًا – لأن الأرض

---

(١) كلمة Pharming مشتقة من Pharmaceutcals بمعنى الصيدلانيات، Farming تشير إلى المزرعة وتدل على الحصول على العقاقير من حيوانات المزرعة المُعَدلة وراثيًا باستخلاصها من ألبانها (المراجع)

(٢) Ark of the Covenant هو المكان الذى يُحفظ فيه ألواح الأحجار التى تحتوى على الوصايا العشر (المترجمة).

تحته مشوهة بواسطة أنفاق التعدين المهجورة. يظل روسلين في طليعة البحث الجيني الحيواني.

عام ١٩٧٣، عندما بدأت في روسلين، كان تركيزي لم يزل أعمق على ذخيرة التكاثر الأساسية - البويضات، الحيوانات المنوية، والأجنة - بهدف فهم أسباب العقم. في وقت ما، كان المعهد مهدداً بتخفيض إنفاقه إلى الثلثين. كنت قد نلت سمعة حسنة كباحث متخصص في علم الأجنة، لذا عندما ارتد التمويل الحكومي وركزت منظمة أبحاث تربية الحيوان الـ (ABRO) على العلوم الجينية، كنت قادراً على الاحتفاظ بوظيفتي بالرغم من كوني متخصصاً في علم وظائف الأعضاء. إن العقيدة السياسية وقتئذٍ كانت تتبنى فكرة أن البحث العلمي يجب أن يكون هادفاً للمنفعة، وبالتالي يمكنه أن يحقق ربحاً، وهو الموقف المادي الذي أظهر فهماً ضحلاً للعلاقة المعقدة بين البحث الأساسي ضئيل القيمة (الذي يبدو بلا هدف بالنسبة لعداد الفاصوليا[1] وتطوير المنتجات المبتكرة. آنذاك، كان البحث العلمي متعسراً، ومضغوطاً في عهد رئيسة الوزراء مارجريت تاتشر: من جهة، فكان يتم تشجيعنا على إنجاز الأعمال التي يمكن أن تنتج ربحاً في المستقبل المنظور، ومن جهة أخرى، كان أي بحث يبدو قريباً من الربحية يجب أن يقتطع على غير هدى من التمويل الحكومي ويدفع له من قبل الصناعة.

في ذلك الوقت، أصبحت البيولوجيا الجزيئية مسايرة للموضة. فأوقف روجر لاند Roger Land المدير الجديد لمنظمة أبحاث تربية، عملي على موت الأجنة في ١٩٨٢ وأخبرني بأن أعمل على التعديل الجيني في الحيوان الذي كان في تلك الأيام ضربة مضجرة عادة ما تنتهي بالفشل؛ ولكن تلك التي تعتمد على مهارات المتخصص في علم الأجنة. كان عليّ أن أنهي بحثي فجأة: إما ذلك أو أن أستقيل. لقد كنت غير سعيد

---

(١) وهي اصطلاح دارج في الحياة الإنجليزية يُشار به على سبيل السخرية إلى الشخص الذي يهتم بالكم دون الكيف من ناحية، وكذا يهتم بعد وإحصاء التفاصيل ضئيلة القيمة (المترجمة).

بمجرد فكرة استعادة الأجنة من النعاج وإضافة الـ . «دى. ن.أ D.N.A»، لقد فكرت جاهدا ومليا فى المغادرة. ولكن كان هناك حينها العديد من الإسهاب، والـ أ.ب.ر.و كان تحت التهديد. فالعلوم الزراعية فى بريطانيا كان محكوما عليها تقريبا بالإخفاق، وناقشت مع فيفيان ما يجب علىّ فعله لاحقا.

لقد تدخل الريف وطريقة الحياة. فيفيان وأنا أحببنا التخوم الأسكتلندية. لقد لعبنا دوراً فاعلاً فى الحياة المحلية للقرية، حيث كنت عضواً فى النادى الزراعى (الذى أصبحت رئيساً له فى نهاية الأمر). كل ما يحيط بنا كان مذهلاً وكنا نمشّى كلابنا فى التلال. آنذاك كنا قد نشأنا فى أراضى اسكتلندا الواطئة، وقررنا أن نستمر - ليس على الأقل - لأننا اعتقدنا أن الأطفال يستفيدون أيضاً.

لقد وافقت على أن أصبح مهندسا وراثيا. كما أنى أخبرت روجر بأنى بمجرد أن أفهم التحويل الجينى فهما كاملا، فإنى سوف أتطلع إلى طرق أكثر فعالية لإتمامه. لقد كان كفاحا لبعض الوقت: بين عامى ١٩٨٩ و ١٩٩٦ استخدم زملائى فى PPL، ٢٨٧٧ نعجة لإنتاج ٥٦ من الحملان الحية. أدركت فيما بعد أن روجر أراد أن يتدخل فى قرارات كل شخص، على أن يترك لهم مساحة لينجحوا فى آداء وظائفهم. لم تنظر عينى فى عينيه مطلقا بنفس الطريقة التى كنت عليها مع المرسل على سجيته الدمث كريس بولج. ورغم ذلك، أصبحت جزءا من مجهودات منظمة أبحاث تربية الحيوان لتغيير جينات مجموعة من الحيوانات منها الفئران، النعاج والخنازير.

التعديل الجينى، بمعنى من المعانى، قديم قدم المدنية. كل أنواع الكلاب المنزلية من الدلماسى وحتى التشاو التشاو والروتوايلر قد تم إنتاجها خلال التوالد الانتقائى - الذى هو توالد من أفراد مختارين. نفس الأمر يصدق على الأبقار والنعاج. الآن أردنا أن نجد طريقة لنغير المكياج الجينى للحيوانات بدقة غير مسبوقة. وأردنا أن نفعل ما هو أكثر من مجرد تحسين أداء حيوانات المزرعة. الفكرة كانت أن نمنح تلك الحيوانات دورا جديدا تماما، ونحوّلهم إلى مصانع عقاقير حية لإنتاج البروتينات البشرية للعامل الثامن والعامل التاسع المستخدمين فى علاج مرض النزاف haemophilia، والإنزيم

أأت (ألفا واحد أنتيتريبسين) المستخدم فى علاج أمراض الرئة مثل التليّف الكيسى. فى ذلك الوقت كان هذا مجالا جديداً، ائتلاف مكون من مستحضرات صيدلانية، والعمل بالزراعة سُمّى بشكل ملائم "استزراع العقاقير pharming" .

استزراع العقاقير على الطريقة القديمة

أثناء تلك الأيام الريادية، كانت الزراعة مضجرة وتكرارية، ولسوء الحظ، فإن العلوم العليا، والمطامح الرفيعة قد أفسحت مجالا لعمل المصنع والتكرار. الفكرة كانت بسيطة؛ الممارسة كانت رتيبة. كل جين فى الجسم، فى الواقع، هو الوصفة الطهيوية للبروتين (هو بالطبع أكثر تعقيدا من هذا، لأن الجينات ، يمكن أن تخلط بغير نظام بطرق متعددة لانتاج أكثر من بروتين واحد). كل ما على المرء فعله أن يستخدم إبرة تحت جلدية دقيقة لإيلاج جين واحد بداخل مترين أو أكثر من ال د.ن.أ المتراص داخل كل خلية. الطريقة التى فعلناها بها - باستخدام طريقة أثبتت لأول مرة على الفئران بواسطة فرانسيس رديل Francis Ruddle وجون جوردون Jon Gordon من جامعة يال فى عام ١٩٨٠ - كانت غير ناضجة بقدر ماهى واضحة. لقد بخخنا د.ن.أ المجرد وأملنا أن يتم استخدامه بواسطة الجنين النامى. وبمرور الوقت بدأت هذا العمل، وتم تنبيه العامة لإمكانياته بواسطة واحد من أعظم رواد علم التكاثر، المولود فى نيو جيرسى" رالف برينستر" Ralph Brinster والذى أنفق على دراسته من الاشتغال بالطيور الداجنة فى سن الثالثة عشرة.

أوضح برينستر مع زميلة دراسته ما بعد الدكتوراه بوب هامر Bob Hammer كيف يجعل المرء الفأر ينمو بشكل أكبر - إلى فأر سوبر- بواسطة الاشتغال على جين هرمون النمو. ثم مع أورسولا ستورب Ursola Storb واصل برينستر "تشغيل" الجينات المزروعة فى أنسجة معينة، حيلة هيّنة إذا أردت أن تنتج عقاقير فى اللبن، على سبيل المثال، الأمر الأكثر روعة وفعالية من القيام به فى المختبر. معتزلا للعالم بشارب يجتنب معظم الاجتماعات واللجان وكمتمرس فى الحرب الكورية، أنجز برينستر

عملا هامًا على الخلايا المنشأ للحيوان المنوى، وزرعهم للمحافظة على الخصوبة، وعلى التعديل الجينى. وقد لاحظ هامر أن طريقة برينستر لفهم المشاكل العلمية المعقدة كانت دائما واحدة:" إنها تقريبا مثل أن يشن حربا. إنه ينظر إلى المشكلة، يفككها، ثم يسعى وراءها. إنه على الأرجح الشخص الأكثر عنادا الذى قابلته فى حياتى."

بعد إيلاج الجينات فى أجنة النعاج، ثم نقل هذه الأجنة المعدلة جينيًا (م.ج) (GM) الناتجة إلى النعاج بمجموع ألف حالة. أدركت للمرة الأولى كيف كانت هذه الطريقة الجديدة للتعديل الجينى غير فاعلة بشكل جنونى وميئوس منه. فإتمام ألف من التغييرات الجنينية بنجاح يتطلب عملية قياس صارمة مع تسجيل دقيق للتوقيت يومًا بعد يوم. إن الطرق التى استخدمناها فى تلك الأيام لم تكن غير فاعلة فقط، وإنما كانت محدودة أيضًا: إن المرء يمكنه إضافة جين، ولكنه لا يستطيع تحديد جين خاطىء موجود. تخيل الإحباط الذى يصيب ميكانيكى سيارات يستطيع فقط أن يضيف مكونات جديدة إلى محرك ذى عيوب، ولا يمكنه مطلقا أن يصلح أو يستبدل الأجزاء الموجودة.

عندما بدأنا هذا العمل، أصبح واضحًا أن إحدى الإعاقات التى دائما ما تمنعنى من تنفيذ المعالجة الدقيقة micromanipulation المرتبطة بالتعديل الجينى أو الاستنساخ المهارة الخفية فى معالجة الجنين التى كانت تفوق قدراتى. كانت تنتابنى حينها – ولم تزل حتى الآن هناك – رجفة تجعلنى عاجزًا عن أداء حركات اليد الدقيقة المرهفة اللازمة لتشغيل الميكروسكوب، موجّها الماصات الدقيقة، وبالتالى يمكنها أن تصل إلى الحجرة التى توجد بها الأجنة المحتجزة، حاقنا الجينات – هذا إذا استطعت رؤية نواة الجنين المبكرة التى عليك أن تدخل إليها الجينات.

تبدو الأجنة معتمة فى الواقع، لكن شكرا للملاحظة الجهيدة التى قام بها زميلى بول سايمونز، وجدنا أنه فى سبعة من كل عشرة أجنة استطعنا تحديد موقع النواة بواسطة دحرجة الجنين هنا وهناك بصبر والبحث عن القليل من الشفافية، حيث يكمن

الـ د. ن. أ. عـلاوة على هذا، فـإنه لا توجـد نواة واحـدة وإنما اثنتـان. هذا الملمح لهـذه المرحلة المبكرة من الحياة يمكن أن يدهش أى شخص لا يعرف سوى الرواية المتصورة فى الكتب المدرسـيـة. انظر بتـمـعن إلى البـويضـة الملقـحـة حـديثـا تحت الميكروسكوب وسترى أن د.ن.أ. البويضة فى الجنين المبكر يظل منفصلا عن الـ د. ن. أ. المأخوذ من الحيوان المنوى.

بداخل معظم الخلايا، غالبا ما توجد التعليمات الجينية فى صندوق يسمى النواة. لكن هنا، فى مسـتـهل حيـاة، يوجـد ال د. ن. أ. حـقـيـقـة فى "نـواتين أوليين" (فكر فى بيضـة دجـاجـة بصـفـارين). إن وجـود نواتين حـيث يقـبـع د. ن. أ. الأنثى والذكـر فى انفصال رائع يثير تساؤلا حول مـا الذى نعنيـه بـ"الفرد" عندما يكون لدينا كينونة ذات هوية جـينيـة مـجزأة. فى الأيام الريـادية للتلقـيح خـارج الجـسم، أدى ذلك إلى مناقـشـة مـحـتدمـة فى الأدبيات العلمـيـة حـول متى يحدث بالضـبط تلقيح أطفـال الأنابيب. هذه المناقشة لم تحسم بعد.

الأخبار الطيبـة بالنسبة للباحثين فى علم التكاثر، هى أنه حتى فى تلك المرحلة المبكرة من الحياة يوجد العديد من الآليات الكيميائية للتواؤم مع التدخل والأخطاء. أنا أشك فى أن هذه الآليـات تشـتـمل على بعض البـروتينات التى تنظم النواة الأوليـة. فى الاستنساخ، نحن نعتمد الآن على هذه البروتينات لتعيد تنظيم النواة فى خلية المعطى. هذه الآلية نفسـها يمكنها أيضـا أن تتغلب على الـ . د.ن.أ الغريب، سـامـحـة للمعـالجـة الجينيـة بالحـدوث. ربما تفكر فى أن الد.ن.أ الغريب يجب أن يزرع فى كلتـا النـواتين الأوليين. فى الحـقيقة، يقوم المهندسون الجينيون بحقن الـ د.ن.أ فى واحدة منهما فقط – هناك حد للتدخلات التى ستستطيع الطبيعـة احتمالها، ووضـع تعليمـات جينية جديدة يمكن أن تكون تمزيقية للغاية وتقتل الجنين.

إن نتائج هذه المعالجة الجينية البسيطة تـخضـع للمصادفة والكبوّ بشدة. فمن بين كل تلك الأجنة المحقونة بالـ . د.ن.أ الغريب، يصبح حوالى واحد بالمائة فقط حيوانات حية تحمل جـينا وظيـفـيا مـضـافا. وفى الحـقيقة، فإن سبب هذه الفعالية المنخفضة هو

أكثر حذقا من الكشف بالمصادفة والإخفاق البسيطين، كما سأشرح في فصل لاحق. ومع ذلك أحرزنا تقدما ثابتا. أنتجنا حملنا الأول المعدل جينيا (التحويرى) فى ١٩٨٥، تمامًا كما كشف لنا مختبر برينستر النقاب عن الأرانب والنعاج والخنازير التحويرية. فهناك شركة أنشئت لإنتاج البروتينات البشرية من لبن النعاج اللازمة لعلاج الأمراض. ومن هذا العمل جاء أول تقدم علمى لنا: تريسى، النعجة الأسكتلندية ذات الوجه الأسود التى ولدت عام ١٩٩٠، والتى كانت تقريبا أشهر نعجة فى العالم حتى مولد دوللى. كما لوكان للتوكيد على قيمتها التجارية، كانت مملوكة لجارتنا شركة التقنية الحيوية PPL. حليب تريسى كان غنيا بالبروتين البشرى الـ أ.أ.ت الذى كان يستخدم لعلاج التليف الكيسى والنفاخ. صنعت ٣٥ جراما من الـ أ.أ.ت فى كل ليتر من اللبن. ولوضع هذا العمل الاستثنائى الفذ فى سياقه، فإن أربعا من نعاجنا التحويرية الأخرى نجحت فى إنتاج جرام واحد فقط أو شىء من هذا القبيل. فى حين أن تريسى كانت مصنع عقاقير حى.

الدافع وراء دوللى

إن إبداع تريسى كان – رغم كل ذلك الجهد – عملا بسيطا نسبيا لأنه، اعتمد على إضافة جين مفرد. إن معظم السمات التى يهتم بها المربون تعتمد على مجموعة من الجينات. دعنا نقول أنك تمتلك فرصة بنسبة واحد إلى أربعة للحصول على جين واحد عامل داخل جزء آمن من الجينوم (المتتالية الكاملة للـ . د.ن.أ والتى يحملها كائن حى ما) والذى هو حقيقة معدل نجاح أعلى بكثير جدا من الممكن بصفة عامة. تخيل أنك تفهم الكيمياء الحيوية بدرجةٍ ما وأنك تريد تحسينها عن طريق إصلاحها بإدخال عشرة جينات. لكى تنجح، فإنك إذن ستحتاج إلى حوالى مليون من الأجنة المعدلة جينيًا. من هذا المليون سيحتوى ربع مليون على واحد من الجينات المرغوبة، وسيحتوى ربع هذا الربع مليون على اثنين، وهكذا. سيحتوى واحد فى المليون فقط

على العشرة. كان التعديل الجينى التقليدى، لوضعه فى سياقه المألوف باعتدال، غير فعال حينما يتعلق الأمر بتغيير الصفات المعقدة.

ولهذا ساعدت فى إبداع دوللى. العديد من الناس يعتقدون أنى كنت مستحثا بالاستنساخ من أجل الاستنساخ ذاته أساسا، للحصول على حيوان متفوق على غيره، ثم صنع نسخ متطابقة منه. لم أكن أبحث ببساطة عن إنتاج صور طبق الأصل من مخلوقات موجودة. ليس مخافة أن هذا مستحيل على الإطلاق، كما أضفت آنفا عن أثر المصادفة فى اكتشاف ما هو قيم، والعشوائية، والحظ اللذان مثلا حجر زاوية فى تنشئتى. لست مهتمًا أساسًا بصنع أعداد مضاعفة من الدواب الممتازة (بالرغم من أن هذا كان دافعًا) ولم أزل بدرجة أقل أريد أن أستنسخ الكائنات البشرية. هذا لم يكن مطلقًا ضمن أجندتى. لقد كان هذا ما أراد الآخرون وخاصة الإعلام قراءته فى عملى. أما بالنسبة لى، فلطالما كان الاستنساخ دائمًا أداة من أدوات العلم - لاكتشاف كيف تعمل الخلية - ووسيلة لتحسين تقنية التحويل الجينى فى الحيوانات.

إن الإلهام الأصلى وراء البحث العلمى الذى أبدع دوللى يرجع إلى عمل قاده مبكرًا فى ثمانينيات القرن العشرين كل من مارتين إيفانز **Martin Evans** ومات كوفمان **Matt Kaufmann** فى كمبريدج. لقد بيّنا أنه بالإمكان فصل خطوط سلالية من الخلايا الجذعية الجنينية من الفئران بواسطة ما أسمياه الخلايا المُغَذية، التى تمنح الدعم للخلايا الجذعية (فى هيئة كوكتيل من عوامل نمو الخلية غير المعروفة حتى الآن ومواد كيميائية أثرية). عندما يصبح الجنين فى عمر أيام - ما يسميه المختصون فى علم الأجنة بكيس الجذعة - وجاهزًا للزرع، يكون مجوّفًا ويحتوى على حضنة من الخلايا تسمى كتلة الخلايا الداخلية. إيفانز وكوفمان وجدا طريقة لتنمية ومضاعفة خلايا من كتلة الخلايا الداخلية لكيس الجذعة - الجزء الذى سيتحول إلى الجنين ومعظم المشيمة.

إن هذه الخلايا الجذعية الجنينية غريبة إلى حد ما. إنك تستطيع تنميتها فى المعمل بشكل غير محدود، وهذا يتيح كثيرا من الفرص لتغييرها جينيا. إنهم

أيضا يحتفظون بالقدرة المتفردة على تشكيل أى من الأنسجة المختلفة المتعددة التى تكون الحيوان البالغ. اخلط هذه الخلايا الجذعية مع الخلايا المبكرة لجنين ثمانى الخلية، أو احقنهم بداخل كيس الجذعة، و ستجد أن الذرية الناتجة هى سليلة توليفة من كل من خلايا الجنين والخلايا الجذعية المدخلة حديثا. العلماء يسمون هذا المخلوق المؤتلف الكيميرا (فى علم الأساطير اليونانية كان الكيميرا وحشًا له رأس أسد وجسم ماعز وذيل تنين). وبالرغم من هذه الإمكانية غير العادية، فإنك لا يمكنك أن تنمى خلية جذعية فى فأر كامل مثلما تستطيع ذلك مع الخلايا الجنينية المبكرة جدا. هذا جزئيا، لأن الخلايا الجذعية إلى حد ما بالغة الصغر لتكون الجنين الذى هو أكبر بكثير من أية خلية جسدية أخرى. لكن بإمكانك أن تنميها إلى أنواع محددة من الخلايا كخلايا العصب، البشرة، أو العظم المستخدمة فى العلاجات، كما سنرى فى فصل لاحق.

بواسطة دمج الخلايا الجذعية مع الجنين لإنتاج الكيميرا، يمكن للمرء أن يحوّل الخلايا الجذعية إلى الخلايا التى تصنع البويضات والحيوان المنوى: الفأر سوف ينتج بعدئذ بويضات وحيوانات منوية، تُعَد الذرية الجينية للخلايا الجذعية المزروعة. وإذا أنت غيرت الخلايا الجذعية الجنينية جينيا، فإن الفأر الكيميرى سينتج أيضًا بويضات ومنيًا يحمل هذا التغيير. هذه الطريقة كانت أساسا للمعدل غير الطبيعى من التجارب على الفئران لدراسة دور ووظيفة الجينات التى تم تعيين نوعها حديثا. لأن الفئران تستغرق وقتا قليلا نسبيا لتصبح ناضجة جنسيا - أربعة أو خمسة أسابيع - فإن إنتاج الكيميرا لم يمثل مشكلة حين إنتاج القوارض المعدلة جينيا. لكن الأمر استغرق منا عقودا لإحداث التغيير فى المخلوقات طويلة العمر نسبيا مثل الماشية أو النعاج.

لقد ولدت فكرة إنتاج دوللى عندما خطر ببالى أن التعديل الجينى سيكون أكثر سهولة وأشد فعالية إذا استطعنا أولا أن نأخذ الخلايا الجذعية من جنين مبكر لنعجة، مضاعفين إياها لإنتاج ملايين من الخلايا، ثم نضيف الـ د.ن.أ إلى تلك الخلايا

وننتقى فقط الخلايا التى نجحت فيها العملية من أجل استخدامها فى الاستنساخ – التحويل النووى – لإنتاج حيوانات. فى حين أنه من العادى أن نضيف الجينات لملايين من الخلايا فى أنبوب الاختبار، ثم تجد الخلايا التى تم فيها التعديل الجينى بشكل مضبوط، فإنه سيكون من المستحيل إنجاز نفس العمل بالنسبة للتعديل الجينى التقليدى لملايين الأجنة. وكان ذلك يعنى – على العكس من أسلوب الصيد المتفرق – أن هذه الطريقة كانت ذات احتمالية أقل فى إنتاج حيوانات معدلة جينيًا مريضة: الصناعة لم تكن لتستفيد شيئًا إذا أصاب الحيوانات أذى بأى طريقة أثناء التعديلات الجينية.

بمجرد أن تعين الخلايا الجذعية الجنينية التى نجح فيها تحويلك الجينى، تستطيع فقط أن تستمر فى تحويل تلك الخلايا المعدلة جينيا إلى أجنة معدلة جينيا. هذه المضاعفة للحيوانات من الخلايا هى ما يمثله الاستنساخ. وفى الوقت الذى فكرت فيه فى عمل هذا، كان الاستنساخ، مع ذلك – روتينيا فقط مع البكتيريا وخلايا النبات – فقد أردت أن أقوم بنفس العمل مع خلايا الحيوان. ولعمل هذا سيكون لزاما على أن أقدم المجهودات التى بذلت لاستنساخ مجموعة من المخلوقات من ذوات الدم البارد بواسطة عدد من العلماء على امتداد العقود الماضية – الجهد الذى أثار بالفعل كما هائلا من النقاش والجدل والقلق.

الفصل الثالث

موجز تاريخ الاستنساخ

لقد توّجت النعجة دوللى ذروة أكثر من عقد من الزمان من البحث المكثف فى معهد روسلين بواسطتنا أنا وزملائى. لكن الفضل فى هذا العمل الفذ البناء لا يمكن أن ينسب لنا وحدنا. إن إنجاز مولدها قد اعتمد على أسس ثابتة من المهارات، الفهم، والابتكار، الذى شيد تدريجيا منذ القرن التاسع عشر من خلال علماء حول العالم. ولقد اعتمد على تشكيلة من الحيوانات من مختلف الأنواع. إن المستنسَخين الأوائل الذين مهدوا الطريق لدوللى لم يكونوا نعاجًا فقط؛ ولكن كانوا أيضا أرانب، فئرانا وماشية. وربما كان الرواد الأكثر أهمية من بين الجميع هم المستنسخون من ذوات الدم البارد كقنفذ البحر والسمندر والضفدع والعلجوم[1].

ورغم هذا التاريخ الطويل، كان الطريق إلى دوللى أبعد ما يكون عن الاستقامة المباشرة. كانت هناك انحرافات سببتها الأخطاء، والتشوش الذهنى وسوء الفهم. كانت هناك منافسات وجدال واتهامات بالخديعة. فى كل الأحيان، تأمل الكثيرون فيما يتضمنه أحدث ما وصل إليه علم التناسل. هذه الأفكار كانت تزخرف الروايات، والأفلام، والإبداعات التخيلية الأخرى. إن الاندهاش السردى بالاستنساخ نادراً

(١) ضفدع الطين (المترجمة).

ما وضع الحقيقة العلمية فى بؤرة اهتمـامه، ولكنه عادة ما استبدله بموضوعات الهوية وكيف سيتم تحدى قدسية الحياة عندما تصنع "آلات الديتو" بشراً من نوع "قاطع الكعك المحلى". هذا الوسواس قاد إلى ارتباك لا ينتهى حول ما هو ممكن وما هو غير ممكن.

بينما يخاف بعض الناس (بشكل خاطىء) من أن المُسْتَنْسَخ لن ينسخ فقط الـ [د.ن.أ] لشخص، وإنما سينسخ وعيه أيضًا، يخاف آخرون (بشكل خاطىء، مرة أخرى) من أن المستنسَخين سيكونون نسخًا مطابقة عديمة الحيوية. لقد أصيبت الثقافة الشعبية بوسواس قوامه الفكرة القائلة : إنه فى عالم يسهل فيه عمل نسخ مطابقة للأفراد بواسطة الاستنساخ، ستكون الحياة مدعاة للازدراء وسيختزل الفرد إلى وحدة قابلة للاستبدال. مجرد جزء فى ماكينة المجتمع.

وعلاوة على ذلك، يُعد الخيال العلمى بوجه من الوجوه حقيقة علمية بالفعل. لقد وُجد المستنسخون من البشر حولنا منذ فجر البشرية. أيام قلائل بعد أن تُلقّح البويضة وتصل إلى مرحلة كيس الجذعة، يكون لزامًا عليها أن تفقس من قشرتها المطاطية، المنطقة الشفافة، ولذلك يمكنها أن تزرع نفسها فى جدار الرحم. أثناء هذه العملية، يمكن لفرد واحد أن يصبح اثنين – الجنين يمكن أن ينقسم. أحيانًا لا تحدث عملية التوأمة بشكل مضبوط، مما يؤدى إلى التوائم الملتصقة. إحدى الصور الأخاذة والعتيقة هى لتمثال مرمرى لامرأتين متصلتين عند الحوض، استُخرجت بالحفر من ضريح مقدس ينتمى إلى العصر الحجرى الحديث فى الأناضول. على مر الأجيال، فكرت عقول عظيمة مليًا فيما تخبرنا به التوائم الملتصقة عن التكوين. فكر اليونانى موسوعى الثقافة أرسطو (٣٨٤ – ٣٢٢ قبل الميلاد) فيما إذا كانا قد أتيا من جنينيْن اثنيْن اندمجا أو من جنين واحد انقسم: اندماج أو انشطار.

بصورة آسرة، نعلم الآن أن كلتا العمليتيْن يمكن أن تحدث فى الرحم. فى ظروف نادرة، تبوّض بويضتان، وكلتاهما يمكن أن تصبح ملقّحة؛ وفى بعض الأحيان يمكن

لهذين الجنينيْن أن يندمجا لإنتاج الكيمّيرا[1] بشكل اختيارى، يمكن أن يخضع الجنين للانشطار وينقسم إلى اثنين. هناك تنويعات على تيمة التوائم المتماثلة ، اعتماداً على درجة الانشطار وكمية الالتحام الترصيص الذى يتشاركان فيه داخل الرحم. بعض التوائم تظل تعتمد على نفس المشيمة. آخرون ينمون بمشيمات منفصلة فى أجزاء مختلفة من الرحم. من بين هذه التوائم، سيكون للبعض أغشيته الخاصة، وسوف يتشارك الآخرون فى غشاء واحد.

إن انفلاج الجنين يحدث فى باقى مملكة الحيوان أيضاً. إن المُدَرّع[2] ذا الأطواق التسعة يُنْتِج حَمْلاً يتكون من أربعة أجنة متطابقة جينيًا من كل بويضة مُلقحة. إن عملية الانفلاق "الطبيعية" هذه كانت قد اسْتُغِلَّتْ أيضًا فى بواكير محاولات العلماء لخلق مُسْتَنْسَخ، قبل أن يتم تطوير أنواع أخرى من الاستنساخ - بواسطة عملية النقل النووى - لأداء هذه المهمة. ويعد أول خلق لحيوان طبيعى بالغ، خصب من خلية جسدية لحيوان بالغ آخر هو أكثر الأمثلة درامية فى هذا السياق.

رواد الاستنساخ

استخدام الاستنساخ مبكرًا

استخدمت بواكير الاستنساخ الأولى مخلوقات كانت - بطريقة ما - ذات أهمية وتأثير أكبر بكثير من النعاج فى هذا المجال، مثل قنفذ البحر، والسمندر والضفادع، والمخلوقات الأخرى التى تبلغ أحجام بويضاتها حداً من الكبر تسهل معه دراستها.

---

(١) الكمير: كائن خرافى له رأس أسد وجسم شاه وذنب حيّة (المراجع)

(٢) حيوان ثديى جنوب - أمريكى من فصيلة الدرداوات، لرأسه وجسمه درع من الصفائح العظمية الصغيرة؛ يستطيع أن ينكمش فيه (المترجمة).

ولها مزية أخرى: فبينما استند الجهد الذى بُذِلَ مع دوللى على الكثير من العمل المكثف المؤتلف من الهرمونات والعمليات الجراحية لحصد بضعة بويضات من شاة لأجل الاستنساخ فإن الضفادع كانت تضع كميات هائلة من البيض - الآلاف والآلاف - على الهيئة الملائمة للسَرْءِ أو نتاج البيض. إن الضفادع وأبناء عمومتها من البرمائيات تعد هدايا للمُسْتَنْسِخ الشغوف.

أحد الأوائل الذين حاولوا شق الأجنة كان الألمانى هانز درايش (١٨٦٧-١٩٤٢)، ابن تاجر الذهب الذى أصبح فيلسوفًا، عالم أحياء، وتجريبى بارع. لقد أخذ جنينًا ثنائى الخلية لقنفذ البحر وشقّه اثنيْن. كلتا الخليتين تنامتا إلى فردين كاملين. ثم قام بتفكيك جنين رباعى الخلية، وكانت النتيجة أربعة من التوائم. ربما كان هذا أول استنساخ حيوانى ناجح بمساعدة البشر من جنين مفرد. لقد وضع بطريقة ما نموذجًا يحتذى به للأعمال الاستنساخية القادمة. لقد كان درايش - على غرارى - مدفوعًا برغبة ملحة لاستكشاف أساسيات العلم، وليس للاستنساخ من أجل الاستنساخ. وعلى غرارى، كان معجبًا بعملية التنامى التى تنقسم البويضة الملقحة بموجبها مرارًا وتكرارًا، وتتمايز وتصبح أكثر تعقيدًا، حيث تنزلق طبقات الخلية فوق بعضها البعض وتلتف على نفسها بطريقة راقصة للغاية وذاتية الأوريجامى[1] لخلق قنفذ بحر، ضفدعة، أو إنسان. ورغم هذا كان درايش مقتنعًا على عكسى، بأن التفسير النهائى للتنامى يقع خارج حدود العلم: لقد اعتقد أن "قوة حيوية" استحثت التحول الإعجازى من البويضة الملقحة إلى كائن بالغ.

لقد كان درايش آخر العظماء الناطقين بلسان فكرة "الحيوية". بالرغم من أنها مازالت تبدو إعجازية، نحن نعرف الآن الكثير عن أصل الحياة. وكثير من المتخصصين فى علم الأحياء الارتقائى، لا أرى دليلاً على تدخّل يد خفية فى هذا العمل. إن قوانين

---

(١) الأوريجامى: فن يابانى تطوى فيه الأوراق لتكوين أشكال جذابة (المترجمة).

الفيزياء والكيمياء تكفى لتفسير سلوك الجزيئات فى خلية حية ما. ليس ثمة من متسع أو حاجة إلى قوة حيوية.

لقد كان رواد الاستنساخ يحاولون فهم التفاصيل الأساسية لبيولوجيا التنامى. وهذه المغامرات الأولى لاقتحام هذا المجال كانت مهتمة بما إذا كان البشر متشكلين تمامًا عند لحظة التلقيح، ولا يتبقى سوى أن ينموا إلى أحجام أكبر، أو أنهم تناموا من خلية مفردة إلى تنظيم معقد من بلايين الخلايا فى الشخص الواحد. وبمرور الوقت ظهر درايش فى المشهد، حيث كانت هناك نظريتان متصارعتان حول الكيفية التى تنامت بها الخلايا تدريجيًا، بدءًا من الخلية الجنينية بسجل أعمالها الفارغ وحتى تصبح مخصصة لأغراض بعينها، سواء كانت خلية مخ أو خلية كبد: فالخلايا إما أن تكون قد فقدت كل جيناتها ماعدا تلك التى لها علاقة بمهامها المحددة، أو احتفظت بوصفتها الجينية كاملة – الجينوم – وقامت بتنشيط أو إبطال الجينات بطريقة انتقائية.

اعْتُبِرَت تجارب درايش بمثابة دحض لفكرة كانت شائعة حينئذٍ، أول من قال بها كان ألمانيًا عظيمًا آخر هو أوجست وايزمان (١٩١٤-١٨٣٤) الذى عمل بجامعة فرايبيرج. ففى الثمانينيات قام وايزمان بتحدى نظرية جان باتيست لامارك القائلة بأن السمات الشخصية التى يكتسبها الوالدان خلال حياتهما يمكن أن تُمَرَّر لذريتهما (وهى النظرية التى تبعتها نظريتا شارلز داروين وجورج مِيندِل). قام بتحديها عن طريق قطع ذيول اثنين وعشرين جيلا من الفئران (مجموعها ١٥٩٢ فأرًا)، وموضِّحا أن هذه الإصابة لم تُمَرَّر. لقد أصبح رمزًا مؤثرًا فى تاريخ علم تحسين النسل.

لقد اعتقد وايزمان بأن المعلومات الجينية التى تحتوى عليها الخلية سوف تتلاشى بمجرد أن تخضع الخلية للتمايز. فإذا كان على صواب، فإن فصل وتنمية كل خلية من جنين ذى خليتين سوف يخلق نصف مخلوق فقط. لكن تجربة انفلاق الجنين التى أجراها درايش عام ١٨٩٢ أوضحت كيف أنه بانقسامات قليلة بعد التلقيح، تحتفظ الخلايا الجنينية بقدرتها على التحوّل إلى أى نوع من الخلايا، من خلايا القلب إلى

خلايا البويضة والحيوان المنوى أو حتى إلى فرد كامل (المتخصصون فى علم الأحياء يقولون إنها شاملة القدرة)[١].

وفى ضوء عمل تال، نعلم الآن أن الخلايا المفردة المأخوذة من أجنة النعاج فى المرحلة التى عندها يمتلك الجنين خليتان، تستطيع كل منها بصورة متساوية أن تصبح حملا. ينطبق المثل على الدواب الأخرى. قد يتوقع المرء أن العجول أو الحملان التى تنتج عن الانقسام تكون أصغر من المعتاد، لكن عملا حديثا أوضح أن لها حقيقة نفس الحجم الطبيعى. إن الجزء من الجنين الموضوع قيد لحظة النمو يرجع إلى مسار التنامى الطبيعى. عندما تتكتل الأجنة معًا، ينخفض معدل النمو بالتبعية.

هذا الشكل من الاستنساخ، الذى له تاريخ طويل، يعانى من قانون تناقص الغلة[٢]: يوجد حد للمستنسخين من الجنين المفرد الذى يمكنهم أن ينقسموا على أنفسهم عنده، وهذا الحد يختلف من نوع لآخر. وجدت الرائدة البريطانية المتخصصة فى علم الأجنة آن ماكلارين **Anne Mclaren** أثناء عملها فى لندن مع زملائها أنه من الصعب للغاية الحصول على الجراء من أجنة الفئران التى انقسمت إلى النصف أثناء المرحلة ذات الخليتين.

تم استخدام هذه الطريقة لنسخ أقربائنا المقربين. قرد ريسس كان أول من استنسخ بهذه الطريقة بواسطة جيرالد شاتين **Gerald Schatten** عندما كان بمركز البحث الإقليمى الكبير بأوريجون. لقد أخذ أجنة قردة ريسس فى المرحلة ذات ثمانية الخلايا وقسمهم إلى أربع مجموعات من ذوات الخليتين، مكونًا مجموعة من التوائم الأربعة المتطابقة. وضع جنينين بداخل كل أم بديلة. حملت الاثنتان، كل أم بديلة حملت بجنين واحد فقط من الاثنين. أجهضت إحداها والأخرى وضعت أربعة.

---

(١) بوسعها التمايز إلى أى طراز من الطرز الخلوية (المترجمة).

(٢) قانون يقول بأن زيادة العمل أو رأس المال إلى أبعد من نقطة مُعيّنة لا يترتب عليها زيادة مناسبة فى الإنتاج (المترجمة).

نفس الطريقة يمكن استخدامها على البشر أيضا . فإحدى التجارب المحرّفة أكثر باستخدام أجنة بشرية مبكرة عام ١٩٩٣ والتى قام بها جيرى هول **Jerry Hall** وروبرت ستيلمان **Robert Stillman** من جامعة جورج واشنطون اقترحت أنه يمكن استخدام الانشطار لزيادة عدد الأجنة، وبالتالى فرصة النجاح بالنسبة للتلقيح فى الأنبوب. وبالرغم من كون هذا النوع من الاستنساخ طبيعيا، وبالرغم من أن هدفهم كان معقولا، فقد سبب البحث ضجة. من غير المحتمل أن يروج هذا التطبيق بسبب الخوف الشعبى المستثار بكلمة "C"(١)

المستنسَخون النوويون

إن أول ومضة فكرية لعملية التحول النووى التى استخدمناها لإبداع دوللى أتت بعد المحاولات الأولى للتوأمة داخل المختبر بعقود. أحد عناصر التحول النووى نشأ من بحث بواسطة الأمريكى الألمانى جاك ليب **Jack Loeb** (١٨٥٩ - ١٩٢٤). أثناء العمل فى جامعة شيكاجو، أوضح ليب كيف يستحث التلقيح فى بويضات قنفذ البحر، العملية التى نسميها الآن "التنشيط". أتى عنصر آخر من المتخصص الألمانى فى علم الأجنة الريادى المبتكر هانز شبيمان **Hans Spemann** (١٨٦٩- ١٩٢٤) - ابن ناشر - أصبح، ضمن أشياء أخرى، مديرا لمعهد قيصر ويلهيلم لعلم الأحياء فى برلين. وفى عام ١٩١٩ عيِّن أستاذا لعلم الحيوان فى جامعة فرايبرج - إم - برايسجاو **Freiburg-im-Breisgau** المنصب الذى شغله حتى تقاعد فى ١٩٣٥ أثناء مساره المهنى المؤثر، ساعد شبيمان فى تأسيس ما اصطلح على تسميته **Entwicklungsmechanik** (ما سنسميه بعلم الأحياء التكوينى) ليتحرى كيف تتنامى البويضة الملقحة لتتحول لكائن

---

(١) نسبة إلى الحرف الأول من كلمة cloning أو الاستنساخ (المراجع).

يافع. لقد حصل على جائزة نوبل فى علم وظائف الأحياء أو الطب فى عام ١٩٣٥، وظل المتخصص الوحيد فى علم الأجنة الذى تم تكريمه خلال نصف قرن.

اكتشف شبيمان مع هيلدا مانجولد Hilda Mangold (التى توفيت فى عمر السادسة والعشرين بعدما اشتعلت النيران فى ثوبها بينما كانت تعيد ملء موقد البرافين)، اكتشف شبيمان تفاصيل لافتة للنظر عن التكون بواسطة زرع نسيج بين أجنة سمندل الماء ، لإنتاج أجنة متحدة منه. لقد أجرى أيضا أول تجارب للتحول النووى على سمندل الماء، كمادة مفضلة أخرى بالنسبة لهذا النوع من العمل بسبب ملاءمة وسهولة التعامل مع البويضات. بالنسبة المتحمسين والخلصاء، يعتبر شبيمان هو الأب الحقيقى للاستنساخ. فى شتاء ١٨٩٦/٩٧، بينما كان يتماثل للشفاء فى مصحة بعد إصابته بالسل، قرأ شبيمان نظرية وايزمان عن انتقال الصفات بالوراثة والتطور، وكان مدفوعا لتقصى الأمر من أجله. وفى ١٩١٤ نشر وصفا لتجربة آسرة. المغامرة التى بلغت ذروتها فى ١٩٣٨ مع عمله الرائع التطور الجنينى والحث التى وصف فيها شكلا بدائيا للتحول النووى.

كان المفتاح لتقنيته الفاعلة بذهول شيئا بسيطا جدا: شعرة رقيقة من طفل أشقر يبلغ عمره أقل من تسعة شهور. (بعد موته، وجدت خصلة شعر من مارجريت ابنته الرضيعة فى مظروف مدسوس فى حامل ملفاته لعام ١٨٩٩). بالعمل على بويضات السمندر الزلقة - المئات - بينما كان منحنيا على الميكروسكوب ثنائى العينين، استخدم الشعرة كأنشوطة ليقلص بويضة السمندر الملقحة حديثا. بهذه الطريقة كان قادرا على أن يقسم السيتوبلازم - الجزء بداخل غشاء الخلية وخارج غشاء النواة - لقسمة الجنين إلى جزئين. فى جزء واحد من الجنين الناتج الذى يتخذ هيئة دمبل كانت هناك نواة تحتوى على الـ د.ن.أ، بينما كان السيتوبلازم فقط فى الجزء الآخر، أى المادة الخلوية الأخرى. بعد ما انقسم الجانب ذو النواة أربع مرات مكونا جنينا من ستة عشر خلية، حرر شبيمان الشعرة وسمح لنواة واحدة من الست عشرة أن تنزلق عائدة إلى السيتوبلازم المفصول.

لقد كوّن شبيمان خلية جديدة من بعض سائل البويضة الأصلى ونواة جديدة أكثر نضجا. هذه الخلية الجديدة بدأت فى الانقسام بدورها، وبتضييق أنشوطة الشعرة مرة أخرى، فلق شبيمان الجنينين كل على حدة. لقد كانت تجربة رائعة بحق. أزاح شبيمان النواة الأصلية ثم وضع نواة أكثر تناميًا فى مكانها. لقد أوضح أن النواة تحتفظ بقدرتها على التحول إلى أى نوع (لقد كانت شاملة القدرة) بعدما خضعت إلى أربعة انقسامات. لقد اخترع طريقة جديدة للاستنساخ - يالها من حيلة كانت متقنة – وما أكثر حدوث ذلك، لقد أنجزت بملقطين صغيرين وشعرة طفل. هذه التجربة أثمرت نتائج مذهلة: توأما سمندر أحدهما أصغر من الآخر بلحظات. أطلق شبيمان على هذه العملية التى أدت إليهما اسم " التوأمة"، لكننا نعرفها اليوم باسم مختلف موثوق أكثر: "الاستنساخ". شبيمان أنتج أول حيوان مستنسخ فى الأنبوب تم توثيقه بواسطة المعالجة النووية.

لقد أراد أن يذهب إلى ما هو أبعد. فى كتابه لعام ١٩٣٨، افترض شبيمان "تجربة خيالية"، فكرة تجربة ستضع الأساس لدوللى. سوف يكون مفيدا، كما قال، أن نأخذ نواة خلية متمايزة – حتى من خلية بالغة – ونضعها فى السيتوبلازم لبويضة تمت إزالة نواتها (منزوعة النواة كما نقول اليوم). لكنه لم ينفذ هذه التجربة، لأسباب عملية، وبالرغم من نجاحه فى كيفية فصل نواة، فهو لم يعرف كيف يدخلها داخل بويضة تم سحب الـ د.ن.أ الخاص بها، أى كيف يمارس ما نسميه اليوم النقل النووى. فى سياق العلم فى زمنه، كان هذا الاقتراح خياليا حقيقة. لقد كان مفرطا، مثلما تطلب اليوم إعادة بناء إنسان بعد شق دماغ إنسان وغرزه فى الجمجمة المفرغة لآخر. بالفعل، شبيمان نفسه كان فى رعب من التطور الذى اعتقد أنه اعتمد على أكثر من مجرد الفيزياء والكيمياء.

وبالرغم من أننا نعرف ونستطيع أن نفعل ماهو أكثر هذه الأيام، فلقد كان شبيمان رائعا واستثنائيا بحق. لقد كان يعمل بيديه على بويضات صغيرة، بينما نحن الآن نستخدم الآلات التى بإمكانها إجراء الحركات الدقيقة المتحكم فيها بدقة. لم يكن

عبقـريا تجريبيا فقط، بل كان يفكر بطريقـة مختلفـة. فى النهـاية توصّل إلى الفكرة الأسـاسـيـة التى أدت إلى دوللى. فى العـقـد التـالى، استلفـت تحـدى شبـيمـان نظر روبرت بريجز Robert Briggs الذى كان يعمل فى مصنع أحذية، وكان يكسب المال من عـزفه على البانجو[1] فى فـرقـة رقص قـبل أن يوجه معلم المدرسة الثانوية اهتمامه إلى علم الأحيـاء. لقـد تذكـرت فـيـمـا بعـد:"فى ذلك الوقت لم يخطر ببـالى مطلقـا أنى سأصبح متخصصا فى علم الأحياء. إننى لم أكن أعرف أن المرء يمكنه أن يكسب رزقه بهذه الطريقة."

بحلول ١٩٤٩، أصـبح بريجـز باحـثـا فى مـعـهـد أبحـاث مـسـتـشـفى لانكينو فى فيلاديلفيا(أصبح فيما بعد معهد أبحاث السرطان والآن مركز سرطان فوكس تشاز). كان يدرس دور نواة الخلية وحمولتها من الكروموسومات فى التكوين. مـا الذى يحكم كيفية استخدام الجينات على الكروموسوم بواسطة خلية جنينية لترسم هويتـها؟ أحد الزمـلاء، جاك شولتز Jack Schultz اقترح أنه ربما يحاول شيـئا ما بموازاة خطوط تجربة شبيمان الخيالية لأن النقل النووى يمكنه أن يجس إذا ما تحوّلت الجينات أثناء التكوين أو فقدت للأبد.

عندما قدم بريجز طلبا للمعـهـد القـومى للسرطان لتنفيذ الزرع النووى، اعـتـبر اقتراحه "مخططًا طائشًا" ذا فرصة نجاح ضئيلة. أعاد تقديم اقتراحه، وهذه المرة بعد زيارة للموقع من قبل ممثل المعـهد تمت الموافقة عليه مـع منحـة كبـيـرة بشكل كـاف بالنسـبـة له ، ليستـأجر مسـاعدا بـارعا – تومـاس كـينج Thomas Kingمن جامـعـة نيويورك الخبير فى المعالجة الميكروسكوبية والذى كان يعمل طوال الوقت لدعم عائلته.

فى دراسـتـهـمـا، اخـتـار بريجـز وكنج الضـفـادع الأمـريكيـة المرقطة الشـائعة وبويضـاتها التى يبلغ قطرها ملليمتراً واحداً. باستخدام الماصات الميكروسكوبية،

---

(١) آلة موسيقية (المترجمة).

الإبر، الملاقط الصغيرة لصانعي الساعات، أفرغا البويضة من الـ د.ن.أ ونقلا إليها نواة خلية ضفدعة مأخوذة من جنين مبكر. هذه المعالجات الدقيقة أتت ثمارها في نوفمبر ١٩٥١ عندما أعادا بنجاح إنشاء أجنة الضفادع التي نمت إلى شراغف(١)، النقل النووي" يمكن أن يكون له استخدامات أخرى"، هكذا فكرا في محضر جلسة الأكاديمية القومية للعلوم في مارس ١٩٥٢ لقد فشل هذا في أن يعجل بحدوث الإثارة والنشاط والعناوين الرئيسة التي تبعت وصول دوللي. على الرغم من أن جملتهما المسكّنة كانت كافية لشحن المتخصصين في علم الأحياء في يومنا هذا بالطاقة.

اختبر بريجز وكنج السؤال الذي أثاره شبيمان: هل باستطاعة الخلية اليافعة أن تحتفظ بقدرتها على توجيه التطور الجنيني؟ لقد اكتشفا أن حوالي نصف الأنوية من كيس الجذعة قد أنشأت شراغف طبيعية، موضحيْن أن طريقتهما قد نجحت من حيث المبدأ. لكن بالرغم من ذلك، لم يعد الامر متطلبا المحاولات لاستخدام الأنوية من خلايا أكثر تمايزا في المرحلة اللاحقة للتكوين الجنيني من كيس الجذعة، المرحلة مزدوجة الجدار للجنين تسمى الجسترولة(٢)، لم تنجح. (أحد الأسباب أن البويضة الملقحة تنقسم بسرعة مقارنة بدورة الخلية للنواة المزروعة التي بمجرد أن تتمايز الخلية.) لقد استنتجا أن الإمكانية التكوينية تقل بتمايز الخلية، ولذلك كان من المستحيل إنتاج مستنسخ من نواة خلية بالغة. ما يتضمنه أي اقتراح للاستنساخ من خلية بالغة كان واضحا: دوللي كانت بمقاييس الخمسينيات خيالا، سرابا، استحالة.

تم العثور على الدليل على أن كل خلية لبالغ تحتوي على الوصفة الداخلية لإنتاج فرد - الجينوم - في أواخر الخمسينيات بواسطة جون جردون **John Gurdon** خريج جامعة أوكسفورد الذي كان يعمل تحت إشراف مايكل فيشبرج **Michael Fischberg**،

(١) مفردها شرغوف وهو فرخ الضفدع. (المترجمة)،

(٢) جنين مكون من كيس مفتوح الفم وجدران مؤلفة من طبقتين من الخلايا (المترجمة).

المتخصص السويسرى فى علم الأحياء التكوينى. بمجرد أن بدأ جردون مساره المهنى فى علم الأحياء كان استثنائيا. عندما كان طالبا فى إيتون أخبروه بأن العلوم لم تكن نقطة قوته. لقد أطلق ناظر المدرسة حكما مدمرا على أمل جردون فى أن يصبح عالما: "هذا سخيف تماما. إذا لم يكن قادرا على تعلم حقائق علم الأحياء البسيطة، فلن تكون لديه أية فرصة ليقوم بعمل المتخصص، وسيكون الأمر مجرد مضيعة للوقت، سواء بالنسبة له أو للذين عليهم أن يعلموه."وبالرغم من هذا الحكم المدمر، وجد مضيّع الوقت نفسه كمجرد حامل للشهادة الجامعية، متحديا لحكمة بريجز وكنج اللذين سيصبحان فى وقت لاحق رمزيْن مؤسسيْن فى هذا المجال.

بدلا من الضفدعة المرقّطة، كان جردون يحاول استنساخ الضفدع الأفريقى ذى المخالب زينوبس ليفيس **Xenopus Laevis** (سزينوبس كلمة لاتينية ملائمة لوصف قدمية الخلفيتين الشنيعتين ذات الوترات والخمسة أصابع والثلاثة مخالب فى كل قدم؛ وليفيس تعنى ناعم). بويضات الزينوبس تبلغ حوالى عشر حجم تلك الخاصة بالضفدع المرقط ولها أغشية مرنة تجعل العمل عليها أصعب. لكنه كان من السهل عليهم أن يحثوها لإنتاج البويضات – كان عليها أن تحقن فى آخر الليل قبل أن تكون مطلوبة (هذا البحث لم يكن جيدا بالنسبة لحياة جردون الاجتماعية). لقد كانت أنثى ضفدع الزينوبس متوفرة فى الخمسينيات لأنها كانت تستخدم فى اختبار الحمل فى المستشفى، إذ أنها تنتج بويضات إذا ما تم حقنها مع البول المأخوذ من امراة حامل. كان التساؤل العلمى الذى طرحه جردون حول هذه الضفادع عند العمل على آلاف من عمليات زرع الأنوية، هو إذا ما كانت الأنوية من هذه الخلايا المتمايزة فاعلة بشكل كامل – شاملة الوسع – وبالتالى تصبح قادرة على إعادة إنشاء كائن كامل؟

أوضح جردون – وهو الآن سير جون جردون اعترافا بمشاركته البارزة فى العلوم – أن الأمر كان كذلك بالفعل. لقد أجرى تجاربه على الخلايا المعوية للشرغوف بما فيها بعض الخلايا التى تمايزت. فى ١٩٦٦ أعلن أنه عندما أدخل الـ د.ن.أ

الخاص بنواة خلية مأخوذة من حيوان يافع إلى بويضات منزوعة النواة، استطاع فى كثير من الأحيان إنتاج ضفدعة فى كل مرة. "إن كل الـ ١٢٠ نواة معوية التى تم ازدراعها أنتجت سبعة ضفادع بالغة، خمسة منها كانت خصبة،" كتب جردون فيما بعد. "تلك التجربة ربما كانت بمفردها الأكثر أهمية من بين ما أنجزناه، لأنها أثبتت أن الخلية بمقدورها أن تخضع للتخصص وتظل شاملة القدرة محتفظة بكل المادة الجينية المطلوبة لإنتاج فرد كامل ناضج جنسيا. لقد بررت هذه التجربة الرئيسة الرأى القائل بأن استنساخ الخلايا المتمايزة وربما حتى البالغة كان على الأقل ممكنا على المستوى النظرى."

لكن التساؤلات التى أثيرت حول هذه التجارب. ذهبت إلى ما هو أبعد بكثير من الإمكانية التى أوحى بها بريجز وكنج، ونتائج زينويس قد استقبلت بالتشكيك. اهتم العلماء بأن نسبة صغيرة ولكنها دالة من الخلايا المعوية التى استخدمها جوردون من أجل الاستنساخ ربما احتوت على خلايا جذعية متمايزة نسبيا، لأنها نشأت خلال النمو فى الإندودرم[1] وهو الجزء من الجنين المبكر الذى يتحول إلى القناة الهضمية او جزء منها. ظن آخرون، لأسباب مازال جردون نفسه لا يفهمها، أن الخلايا الجرثومية بإمكانها الوجود فى الأمعاء، ولذلك مكنت هذه الخلايا غير المتمايزة تجربته من "النجاح". باختصار، شكك الناس فى إمكانية الاستنساخ باستخدام خلايا كانت فى مراحل نمو أكبر من تلك التى استخدمها بريجز وكنج.

هذه الانتقادات استحثت فريق أوكسفورد للعمل. فى ١٩٧٥، أعلن جردون، رونالد لاسكى Ronald Laskey ورايموند ريفز Raymond Reeves فى المجلة الدورية لعلم الأجنة والمورفولوجيا التجريبية زرع أنوية خلايا البشرة المأخوذة من وترات القدم مانحين بذلك الدليل المقنع على أن جردون كان يستخدم بالفعل خلايا الواهب المتمايزة

(١) جزء من الجنين الذى يكون نسيج الظهارة (المبطنة) للمعى ومشتقاتها. فى الفقاريات مثل النعاج والإنسان تشتمل هذه المشتقات على الكبد، القصبة الهوائية والرئتين (المترجمة).

كليا. لقد استخدموا علامة، جسم مضاد، لإقناع النقاد بأن خلايا المعطى كانت بالفعل خلايا بشرة. وخلال ذلك الوقت تقريبا، التقط جردون أيضا صورة فوتوغرافية مذهلة لثلاثين ضفدعا أمهقا صغيرا تم استنساخهم بواسطة النقل النووى من خلايا شرغوف أمهق إلى بويضات الضفادع المصطبغة بشكل طبيعى. ظهرت الصورة فى الصحف. لابد أن بعض القراء كانوا على علم بأصداء كتاب ألدوس هكسلى "عالم جديد شجاع" حيث يذكر أن عملية بوكانوفسكى يمكنها أن تحول كل بويضة بشرية ملقحة إلى ستة وتسعين جنينا مكتمل التشكل ("ولكن ياللحسرة،" هز المخرج رأسه، "نحن لا نستطيع ممارسة البوكانوفسكية بشكل غير محدود.")

عند هذه النقطة، قد تتساءل : كيف لهذه التجارب أن تحقق النجاح الذى استحقه فريق روسلين مع دوللى. ربما افتقرت دراسات جردون إلى بريق التجارب الثديية. ربما لو أطلق جردون على أول مستنسخ أمهق له اسم وايتى، فوتى، أو حتى وبستر، لاستطاع أن يجذب جماهيرية كافية لإعادة كتابة تاريخ الاستنساخ. على أن الأكثر أهمية هو أن تجاربه لم تكن قادرة أبدا على إنتاج حيوان بالغ من أنوية خلايا مأخوذة من حيوان بالغ. لقد أنتج ضفادع خصبة بالغة من أنوية الخلايا المعوية للشرغوف، لكن تلك الخلايا جاءت من حيوان يافع لا بالغ. وبالرغم من أنه نمى شراغف فى مرحلة نبضة القلب من أنوية خلايا بشرة بالغة، فلم يعش أى جنين من أجنة خلايا البشرة ليصبح ضفدعا بالغا. من كل دراساته، استنتج أن الأنوية المنقولة من خلايا أكثر تخصصا هى الأقل ترجيحا لتعين على التنامى إلى مابعد المراحل المبكرة عن تلك الخلايا الأقل تخصصا. وعلى الرغم من أنه لم يستنسخ ضفدعة بالغة من خلية ضفدعة بالغة، فإن عمله الهام أكد على أن الجينوم يظل سليما خلال دورة تمايز الخلية – كمبدأ رئيس – وبذلك أتم وبدقة ما كان عليه أن يتضح مع دوللى.

اليوم، يغير جردون اتجاهه كرجل إنجليزى عتيق الطراز من المدرسة القديمة. مفوّه، بشعره البنى المفلفل وحبه للسيارات السريعة، هو رجل بموارد مالية مستقلة ينعم بالسعادة لتحرره من الرهانات العقارية، وتلك الأمور المزعجة الأخرى لمتطلبات

المعيشة اليومية. له عقل حاد والقدرة على التساؤل الصحيح، وفوق كل شيء آخر يظل شغوفا بعلمه. بالرغم من سنه ورفعة مقامه، يمكن لجردون أن يظل عاملا على طاولة المختبر في معهد البحث العلمي في كامبريدج الذي يحمل اسمه.

الأرانب والفئران النووية

إن قصة استنساخ الثدييات يمكن أن ترجع إلى أحد تلامذة جردون، كريس جراهام Chris Graham، رجل عقلاني، عبد للتدخين، ذو أسلوب يتميز بطريقة متأنية في التعبير وروح دعابة ساخرة وواقعية. مُستحثًا بنجاح جردون مع الضفادع، انتقل جراهام في منتصف الستينيات إلى جامعة أوكسفورد، حيث عمل في قسم هنري هاريس Henry Harris، وهو رجل نهضة. ولد وتعلم هاريس "تحت شمس استرالية حارة". في البداية قرأ في اللغات المعاصرة ثم تحول إلى الطب، وبالرغم من أنه ظل مهتما بالتاريخ والكتابة سواء كانت أدبا أو وصفا حيا لعلوم الخلية. فقد توصل هاريس إلى كشف عظيم في السرطان بعدما دمج الخلايا السرطانية مع الخلايا الطبيعية فقد وجد أن الهجين الناتج نمى بصورة طبيعية – البرهان على ما نسميه الآن الجين الكابت للورم الذي يساعد على منع السرطان. باستخدام طريقة هاريس في دمج الخلايا مع فيروس سينداي غير المعدي، أراد جراهام أن يطوّر تقنية نقل حيوي لطيفة للفئران، تقنية لا تشتمل على قطع لأغشية الخلية.

إن الفيروس له القدرة على أن يصل معًا الأغشية الخارجية التي تحمي الخلايا لمدة قصيرة، مثل جدران فقاعات الصابون المندمجة، وبوجود خليتين ناشئتين جنبًا إلى جنب، تدفقت الأغشية معًا واندمجت لتطوق النواتين وتسمح بتكوين الهجين. في ١٩٦٥، نشر هاريس وجون واتكينز John Watkins ورقة بحثية في مجلة الطبيعة يصفان فيها كيف دمجا لأول مرة خلايا بشرية مع خلايا فأر لتكوين "الأنوية المغايرة" مع مادة جينية من كلا النوعين. أتاحت هذه التقنية الفرصة لإمكانات غير محدودة

لدراسة العلاقة بين نواة خلية ما والسيتوبلازم، والإشارات التى ترسل داخل الخلايا ووظائف الجينات. وكان الإعلام، بالطبع، مأسوراً أكثر باحتمالات هجين الإنسان - الفأر - جوهر الكوابيس.

منذ ذلك الحين، استخدم العلماء بالفعل الفيروس لدمج الثنائيات بعيدة الاحتمال مثل الحشرات والثدييات من أجل البحث العلمى الأساسى. ويبدو أن الفيروس قد قدم أيضا لجراهام طريقة لتيسير إدخال نواة خلية ما إلى بويضة بدون الأذى المحتم بتمريرها خلال إبرة حقن. فالحقن يهدد بتمزيق بويضة الفأر التى يبلغ قطرها فقط واحد إلى سبعة عشر من قطر بويضة الضفدعة وواحد إلى خمسة آلاف من حجمها. أثناء العمل فى مدرسة "دن" لعلم الأمراض بأكسفورد، استخدم جراهام الفيروس ليمرر مجموعة متنوعة من أنوية الخلية بداخل المرحلة أحادية الخلية (الزيجوت) والمرحلة ثنائية الخلية من أجنة الفئران. ومع ذلك لم يجد دليلا على أن النواة المغروسة شاركت فى نمو أى جنين. وحتى لو شاركت النواة الجديدة فى التنامى، فإنه لن يكون هناك أى مواليد أحياء: ناتج هذه التجارب كان عادة غير طبيعى جينيا، مع ضعف العدد المعتاد من الكروموسومات. ومع ذلك، شعر جراهام بأنه فى طريقه لاستنساخ الثدييات.

اليوم، وبعد مسار مهنى طويل اتسم بالأهمية فيما يتعلق بالتغير الجينى فى الحيوانات، استعاد جراهام كيفية كتابة "ورقة تخيلية" لأجل ندوة ١٩٦٩ فى فيلاديلفيا والتى أشار فيها إلى أن النقل النووى الناجح فى الثدييات كان يمر بمنعطف حرج. وقد أوضح، مؤكداً النتائج المبكرة لرائد التلقيح فى الأنبوب روبرت إدواردن، إنه استطاع نزع أنوية البويضات دون أذى بواسطة استخدام مركب شبه قلوى، الكولشيسين، مأخوذ من زعفران الخريف الذى يشوش على انقسام الخلية. لقد وصف كيف يمكن للبويضة حينئذ أن تنشط بشكل عذرى التوالد (الاحتيال عليها للانقسام بدون مساعدة الحيوان المنوى) ومشيراً إلى مجهوداته السابقة لدمج الخلايا بواسطة فيروس سينداى، واقترح أن النقل النووى الثديى الناجح كان مجرد مسألة خلط لهذه

الطرق فى تجربة واحدة. هذا الحدث السعيد غاب عن ذاكرته جزئيا، لأنه حرك البويضات والخلايا معا بواسطة ماصة محمولة باليد، وليس باستخدام معالج ميكروسكوبى، وجزئيا لأن العلماء كانوا مازالوا يطورون وسائل يعول عليها للحفاظ على خلية الجنين المفردة حية بعدما عانت من هذا النوع من الأذى الجسدى.

كان ديريك برومهول Derek Bromhall طالبًا آخر من المتخرجين فى أوكسفورد، سوف يضيف إلى عمل جردون، جراهام والآخرين. مفتونا بالطريق الأخضر الذى سيتاح أمامه بنقل عمل جردون على الضفادع إلى الثدييات، أراد برومهول أن يتخلى عن عمله كمدير للمؤسسات الخاصة بصيد الأسماك فى هونج كونج، ليستثمر فى إمكانية الغرس النووى فى الثدييات. زار كبير علماء الحكومة سوللى زوكرمان مختبره فى هونج كونج وساند فكرة برومهول، بالرغم من تشكيك الكثيرين فى إمكانية إنجاز عمل فذ، على افتراض أن بويضات الثدييات أصغر كثيرا من بويضات الضفادع – فى الحقيقة أصغر من هذه النقطة –.

انتقل برومهول إلى أوكسفورد فى ١٩٦٧ ليبدأ عمله على الأرانب. وعلى الرغم من أن بويضاتها أكبر من بويضات الفئران، فإن الأرانب أكثر عرضة للعدوى، ويجب أن تجرى الجراحة فى ظروف معقمة. خلال السبع سنوات اللاحقة، طور برومهول معدات الجراحة الدقيقة وتقنيات المزرعة التى يتطلبها النقل النووى، فى محاولة منه لإحداث التزامن بين دورات الخلية فى البويضة ونواة الواهب – بحضانة الواهب فى غلاف من الأكسيد النترى تحت ضغط لوقف دورة الخلية – ونزع الأنوية من البويضات بمعالجتها بالطاقة المشعة المؤلفة من أشعة جاما أو الأشعة فوق البنفسجية لتدمير الـ د.ن.أ (الجراحة الدقيقة اليوم دمرت البويضات). وأجرى تجارب موازية مع فيروس سينداى والحقن الميكروسكوبى لمجموعة متنوعة من الخلايا، ولكن ركز على نقل الأنوية من الأجنة المبكرة للأرانب (عند تلك المرحلة التى يسميها المتخصصون فى علم الأجنة بمرحلة "التوتية" (كتلة الخلايا التى تتكون قبل كيس الجذعة) إلى البويضات غير الملقحة بواسطة الحقن الميكروسكوبى. فى الوقت الذى لم

يكن فيه واسم للأجسام المضادة فى الأرانب كما كان الحال فى ضفادع جردون، وقد كان من الجوهرى إثبات أن خلايا الجنين المخلقة بواسطة النقل النووى كانت من الأنوية المغروسة – وإلا سيكون محل نقاش أن الجنين قد نما بطريقة عذرية التوالد من بويضة غير ملقحة، الذى هو ممكن بالنسبة للقليل من انقسامات الخلية.

وفى محاولة لتتبع مصير النواة المغروسة، ميز برومهول الواهبين بالثايميدين المشع (يدخل الثايميدين فى تخليق الـ د.ن.أ وفى حفظ ونقل المعلومات الجينية). لسوء الحظ استلزمت هذه التقنية قتل أية أجنة تم تخليقها بالنقل النووى بتقطيعها إلى شرائح رقيقة والتى تتم تغطيتها بعد ذلك بمادة ضوئية حساسة. بتعريضها لعدة أيام، ثم تركها لتنمو، ويمكن التعرف على الأنوية فى خلايا الأجنة المأخوذة من النواة المغروسة من النقاط السوداء المتعقدة الناتجة عن النشاط الإشعاعى فى الثايميدين.

الخطوة التالية ستقتضى نقل الأنوية المستنسخة لرحم أنثى الأرنب المستقبلة. عند هذه المرحلة توقفت منحة برومهول للبحث العلمى من حملة البحث العلمى الخاص بالسرطان. مراجعا نفسه، فقام بتغيير مهنته مرة أخرى، وأصبح منتجا للأفلام الوثائقية. أنا أشك فى أنه كان سينجح فى عمله الاستنساخى. ومع ذلك، ففى ذلك الوقت كانت هناك قلة من التقنيات الفاعلة فى إنتاج دوللى كانت معروفة جيداً، لذلك عندما أعلن برومهول هذا العمل فى ١٩٧٥ كان جديرا بالملاحظة ليزين صفحات مجلة الطبيعة يوم عيد الميلاد. كان هذا حدثا هاما، أول نشر لمحاولة استنساخ حيوان ثديى بواسطة الغرس النووى.

أثناء عمل برومهول فى فرضيته عن الاستنساخ، ترك جردون أوكسفورد. لكن السمعة الطيبة للمختبر كانت مازالت تجتذب الرموز الرائدة فى هذا الحقل النامى، مثل أندريه تاركوفسكى **Andrzej Tarkowski** من جامعة وارسو. لقد استخدم تاركوفسكى الكهرباء ليحث بويضات الفئران على الانقسام، لقد درس التأثيرات المفصلة للبويضة على النواة الغريبة، ومؤخراً استمر فى استخدام الكهرباء لدمج أجنة

الفئران. إن عمل برومهول "لم يكن مقنعا للغاية" بالنسبة لتاركوفسكى الذى يعمل الآن أستاذًا، ومن الطراز الأوروبى لوسط أوربا، يتسم بالرسمية والتراتبية وهو منهجى، وزعيم دينى، ورجل جاد يتميز بشغفه لعلم الأحياء وموهبته فى التصوير الفوتوغرافى. اعتقد تاركوفسكى أن أحد زملائه – جاسيك مودلينسكى Jacek Modlinski – قد قدم دليلا أقوى على أن النقل النووى نجح فى الثدييات عندما حقن فى ١٩٧٨، الأنوية الجنينية بداخل زيجوت الفئران المنزوع النواة وشاهد نمو الأجنة غير الطبيعية كروموسوميا إلى مرحلة كيس الجذعة. "لقد قدم دليلا غير قابل للمناقشة على أن النواة المحقونة كانت قد اندمجت فى جينوم الجنين العامل،" هكذا ردد تاركوفسكى.

وبينما كان يحاول استنساخ أرانبه، زار برومهول أيضا العالم دافور سولتر Davor Solter الذى ولد فى كرواتيا. وفى منتصف الثلاثينيات من عمره، منطلقا من معهد ويستر فى فيلاديلفيا، أراد سولتر أن يستكشف أكثر إمكانات الاستنساخ الثديى. وبالرغم من أن عمل برومهول كان رياديا، اصطدم سولتر بما كان نضالا لجعل طريقته تعمل. قال سولتر، "لقد شاهدت عمل ديريك برومهول لمدة أسبوع بدون نقل واحد ناجح". كان مازال هناك الكثير متبقيا لإنجازه – لكن ليس فى أوكسفورد. هذا العمل الملهم المبكر للنقل النووى أصبح مشغولا أكثر بالبيولوجيا الجزيئية. وبعد ذلك بعقد من الزمان وبانتقال الاستنساخ الثديى إلى مختبرات أخرى، أصبح سولتر لاعبا مهما فى هذا المجال.

على صورته

هذه المجهودات المبكرة فى الاستنساخ ألهمت دافيد رورفيك David Rorvick فى كتابه: "على صورته": استنساخ إنسان The Cloning of a Man. الذى أعلن عنه بدايةً بوصفه القصة الحقيقية لاستنساخ مليونير غامض، نشرت الرواية فى ١٩٧٨، العام

الذى ولدت فيه لويز براون، أول طفلة أنابيب. مع جمهور قراء مأسور بالاحتماليات الناشئة عن ذلك المولد الخطير، أحدث كتابه ضجة، مولداً الكثير من أعمدة التعليقات فى الصحف التى يصل طولها إلى العديد من البوصات، وجلسات فى العديد من المؤتمرات، وذعر لا ينتهى.

هكذا تسير قصة رورفيك. رجل أعمال عصامى التعليم، مليونير مسن، يسمى ماكس يتوق إلى ابن. سأل رورفيك أن يستخدم علاقاته لتجنيد موهبة علمية من أجل مشروع سرى لاستنساخ وريث من الـ د.ن.أ الخاص به. فى المقابل سوف يسمح لرورفيك بأن يكتب عن المعجزة التناسلية قيد الإعداد. وطبقًا لرورفيك تم حشد فريق ترأسه عالم لامع بدين اسمه الحركى داروين. نقلوا بالطائرة إلى جزيرة سرية بمكان ما فى الباسيفيكى. وبعد سنوات من التجريب، نجحوا فى إحداث حمل فى أم بديلة، مراهقة محلية اسمها الحركى سبارو. بعدها بتسعة أشهر وضعت سبارو أول مستنسخ بشرى. كتب رورفيك،" إنها لم تكن على ما أعتقد بالضبط العائلة النووية. لكنه كان مشهدا مثيراً، هذا الرجل العجوز، وهذه الفتاة الشابة، وهذا الطفل الغريب." لقد أصر على أن عمله ليس خياليا، لكن الكتاب قد طبع مع تنازل عن الحق، تنصلٌ يخبر القراء أن يقرروا بأنفسهم. رفض رورفيك أن يفشى أسراراً تفصيلية "لكى يحمى الطفل من مضارالشهرة". إنه لمن المؤثر رؤية صحفى يظهر مثل هذه الاعتبارات.

صرخ العلماء بمرارة لافتين النظر، ضمن أشياء أخرى، إلى أنه لم ينم أحدٌ ضفدعة إلى مرحلة البلوغ، ناهيك عن ثديى من خلايا متخصصة لبالغ. لكن الكتاب أصبح الأكثر مبيعا، وانتبه إليه السياسيون، وأدلى بريجز بشهادته الخاصة بكتاب رورفيك المدوى فى جلسة ١٩٧٨ أمام نواب البرلمان بأن: "الاستنساخ فى الانسان أو فى أى حيوان آخر ليس مجرد مشكلة تقنية سيتم حلها قريباً، ولكنه يمكن فى الحقيقة ألا يحدث أبدا". لقد كان لكلٍ من بيجرز وكينج تجاربهما الخاصة التى يستلان منها دليلاً على هذا التأكيد. لكنهما يمكن أن يكونا قد ارتكبا خطأً ما. كما كتبا فيما بعد

"فى الوقت الذى لم نستطع فيه أن نمحو احتمالية أن التصور التكوينى يمكن أن يكون نتيجة للتلف النووى أثناء العملية".

ولكى يكسو عمله بقشرة خارجية من الجدارة بالاحترام، استشهد رورفيك بمجهودات ديريك برومهول لاستنساخ الأرانب وأنه قد أعطى هذا عكس النتائج المرجوة. كان برومهول حانقًا. لقد تذكر أن رورفيك قد كتب إليه ذات مرة من قبل شارحا كيف أنه كان يكتب مراجعة فى الغرس النووى، ومفترضا أن رورفيك كان باحثا أمينا، بعث له بخلاصة أطروحته للدكتوراه. رفع برومهول دعوى قضائية ضد الناشرين ج.ب. ليبينكوت للزج باسمه وسط هذه الضجة. هو لم يعط إذنا مطلقا لتضمين اسمه أو تقنيات بحثه فى الكتاب، ولم يكن يرغب فى أن يرتبط بالفكرة المؤيدة لاستنساخ البشر. وفى ١٩٧٩ حكم القاضى بأن "على صورته" **In His Image** كان خدعة. بعدها بثلاث سنوات اعترف الناشر بأن الكتاب كان خياليا.

برومهول نفسه لم يكن غريبًا على الاستنساخ التخيلى. لقد كان المستشار العلمى لـ "الفتية من البرازيل" **The Boys From Brazil** الذى ربط الاستنساخ بالديكتاتورية. وقدمت فى ١٩٧٨ نسخ من أدولف هتلر فى النسخة السينيمائية لرواية إيرا ليفين التى تحمل نفس الاسم. لقد كان من غير الاعتيادى أن يتبنى مخطوط فيلم اعتيادى يدور حول نازيين يحاولون حكم العالم. كان المنفذ الإعلامى لأعداد كبيرة من الهتلرين، عالم الجينات جوزيف مينجيل، قد هرب إلى البرازيل واستنسخ أربعة وتسعين صبيا من دم هتلر ووضعهم مع آباء بالتبنى. الصبية كانوا بالطبع بغيضين جدا. لكن حتى النازيين يعرفون أن امتلاك الجينات "الصحيحة" ليس كافيا لينمو إلى أدولف الحقيقى. فى النهاية، الشىء الحقيقى الذى جمل المناظر الطبيعية، هو أنه لم يرفض من قبل أكاديمية فيينا للفنون الجميلة **The Vienna Academy of Fine Arts** ووضع المستنسخون فى بيوت للتبنى فى أمريكا الشمالية وأوروبا، ونشأوا بطريقة تشبه تقريبًا طريقة تربية الفوهرر نفسها. وبمجرد أن يقترب هتلر الأصلى من عمر الرابعة عشرة، يموت والده كما مات والد هتلر فى تلك السن، لإعادة خلق البيئة الدقيقة للمستنسخ

والتى ستسمح لكل مينى هتلر أن يصبح الشر المجسم. لقد أثار الفيلم ذعر العامة العميق من استغلال العلم لأغراض سياسية وأيدولوجية.

بصورة آسرة، التقط برومهول متتالية سينيمائية فى الفيلم توضح تقنيات الغرس النووى ليشرح كيف تم إنتاج الهتلرين المستنسخين. استمر فى إنتاج الأفلام الوثائقية عن الحياة البرية، والأفلام الوثائقية الطبية التى رشح أحدها والذى تتبع نمو طفل من التلقيح وحتى الولادة للأوسكار. بالتعاون مع فريق روسلين، وثق برومهول قصة دوللى حتى وضعت أول حمل لها "بونى".

عالم شجاع جديد

عندما بدأ إجراء النقل النووى على البرمائيات، ومن بعدها على الثدييات، أستثير علماء بارزون ليتفكروا فى المعانى التى يتضمنها. خذ على سبيل المثال، عالم الجينات العظيم ج. ب. س. هالدين J. B. S. Haldane، الذى ساعد على خلق البيئة الخلفية للاستنساخ. فى كتابه ديدالوس Deadalus لعام ١٩٢٤ استكشف المزايا المفترضة لـ "النمو خارج الجسم"، نمو الأجنة البشرية فى أرحام صناعية. بهذه الطريقة أثر هالدين على رواية ألدوس هكسلى لعام ١٩٣٢ التى أتت تحت عنوان "عالم شجاع جديد" Brave New World والتى فيها تستنسخ الطبقات الدنيا فى المجتمع المختل لتخدم الأغراض الشمولية.

بعد ذلك بثلاثة عقود، فى ١٩٦٣ ألقى هالدين خطابًا مميزًا بعنوان "الإمكانيات الحيوية المتاحة للنوع البشرى فى العشرة آلاف سنة القادمة" والذى قدم فيه المصطلح "يستنسخ" لجمهور أعرض. لقد تولدت رؤاه بثقة ساذجة وتفاؤل بالعلم، بالشكل الذى كان سائدًا وقتئذ. غافلة عن بعض التضمينات المظلمة، ومدفوعة بالإثارة الناتجة عن فكرة استنساخ موتسارت بدلاً من استنساخ جنين لاحتمال مجهول الإمكانيات (ناهيك عن واحد من العامة). أخبر هالدين جمهوره:

ربما ستكون الخطوة الأولى هى إنتاج مستنسخ بشرى من بويضة مفردة ملقحة، كما فى عالم شجاع جديد؛ لكن هذا سوف يكون ذا قيمة اجتماعية ضحلة. إن إنتاج مستنسخ من خلايا أشخاص ذوى قدرة مشهودة، سيكون أمرا مختلفا للغاية، وقد يرفع احتمالات الإنجاز البشرى بصورة دراماتيكية، أما بالنسبة للأشخاص الاستثنائيين، فعادة ما يمرون بطفولة تعيسة، لأن آباءهم والمعاصرين لهم يحاولون إجبارهم على التماشى مع المقاييس العادية. كثيرون قد تشوهوا بصورة دائمة من جراء خبرات طفولتهم المؤذية. يمكن لعالم رياضيات عظيم أو شاعر أو رسام أن يقضى على الأرجح حياته من عمر الخامسة والخمسين فى تعليم ذريته أو "ذريتها" المستنسخة بشكل أكثر إفادة، وبذلك سيجنبونهم على الأقل بعضا من الإحباطات التى عاشتها نسخهم الأصلية.

وعلى اعتبار المبدأ العام القائل بأن الرجال سيقعون فى كل الأخطاء المحتملة قبل أن يختاروا الطريق الصحيحة، فإننا بلا شك سنستنسخ الأشخاص الخطأ. ومع ذلك، فمن المفترض أن كل شخص مختار لهذا الغرض سيفوق المتوسط إلى حد بعيد فى بعض النواحى، ولو كخدعة فقط. والمحتالون العظام مثل هتلر، سوف يستسيغون بالكاد فكرة إنتاج دستة من الناجحين المحتملين الذين يمتلكون قدراتهم والشباب، علاوة على ذلك. ربما يشعر نجم سينما فى الأربعينيات من عمره بمثل هذه المشاعر.

وبافتراض أن الاستنساخ ممكن، أتوقع أن معظم المستنسخين سيستنسخون من أشخاص فى الخمسين من عمرهم على الأقل باستثناء الرياضيين والراقصين الذين سيستنسخون فى سن أصغر. سيستنسخون من أناس كان يعتقد بأنهم بارعون فيما يخص الإنجاز المقبول اجتماعيا. أحيانا ما يوجد هذا كنتيجة

لحادث ما. إن الذرية المستنسخة لآرثر رامبو، لو منحوا ظروفا مناسبة، يمكن ألا يظهروا أى ميل للشعر، ويصبحون بناة امبراطوريات من الدرجة الثانية. من المفترض ألا ينمو مثل هذا المستنسخ. سيصبح مستنسخون آخرون، الذرية اللاجنسية لأشخاص ذوى قدرات نادرة مختلف حول قيمتها، على سبيل المثال: المتكيفون الدائمون مع الظلام، انعدام الشعور بالألم، وقدرات خاصة فيما يتعلق بالإدراك الحسى فى الأحشاء والتحكم فيه. المعمرون فوق المائة سنة، لو أصحاء بشكل معقول، سيستنسخون بصفة عامة لو كان هذا ممكنا؛ مثل هذه الإطالة فى الأعمار ليس مرغوبا فيها بالضرورة، لكن هذه المعلومات حول الرغبة فيها مطلوبة. المئويون الذين يمكنهم التعلم بطريقة منظمة حتى الثلاثين من العمر تقريبا، سيكونون نافعين بلا ريب، ومن المحتمل ان يكونوا أعضاء سعداء فى المجتمع.

إن هالدين – الذى مات فى السنة التالية – لم يكن العالم الوحيد الذى تحمس لإمكانيات الاستنساخ خلال ذلك العصر بهذا التفاؤل العريض. فقد ناقش جوشوا ليدربرج Joshua Lederberg الحائز على نوبل أيضا كيفية استخدام الاستنساخ فى "تحسين" الجنس البشرى فى مقال فى مجلة عالم الطبيعة الأمريكى فى ١٩٦٦، بينما هناك آخرون لم يكونوا متأكدين تماما. جاء بعده بأربع سنوات تحذير ألفين توفلر Alvin Toffler المؤثر حول إرباك معدل سرعة تقدم العلوم والتغيرات التقنية، صدمة المستقبل، الذى توقع مثل هالدين مسار القصة فى الفتية من البرازيل. توفلر استغرق متأملا فى ذلك السحر المعين الذى سيورثه ألبرت أينشتين لنسخ منه إلى البشرية،"لكن ماذا عن أدولف هتلر؟"

أكدت ناعومى متشايسون Naomi Mitchison – أخت هالدين – بشدة على سذاجة المناقشات الأولية للاستنساخ فى روايتها لعام ١٩٧٥" الحل ثلاثة"Solution

Threeوكانت تعنى بهذا العنوان أن تردد رجع الحل النازى الأخير، الاندفاع إلى التطهير العرقى الذى قاد إلى رعب معسكرات الموت والتجريب على البشر. كان لرواية الخيال العلمى هذه أصلاً أكثر إجباراً عما سواها: لقد تم إهداؤها إلى رائد الـ د.ن.أ جيم واطسون، الذى اقترح فى البدء فكرة الكتاب. جاء التأثير الرئيسى الآخر المختصة بالأجنة، آن ماكلارين (التى ظهرت بشكل عرضى باعتبارها "الطفلة" فى الخيال العلمى الآتى من الأحداث Things to Come لأليكساندر كوردا عام ١٩٣٦، كما اشتمل أصدقاء طفولة ميتشايسون على جوليان هكسلى[١] الذى صار أحد علماء الحيوان البارزين، مع أخيها الأصغر، "ألدوس".

زودت ميتشايسون روايتها بشخصيات لواطية وسحاقية ومباشرة تعيش فى مجتمع متحرر يعتمد على المثلية الجنسية الإجبارية، وحظر اشتهاء الجنس المغاير، وطراز جديد من التكاثر باستخدام "أمهات الاستنساخ" والتكييف النظامى لأطفالهم المستنسخين. "الحل ثلاثة" كانت مدفوعة بالرغبة فى التوائم مع سكان العالم الناهض وانخفاض إنتاج الغذاء، لأن المجهودات المبذولة لإنتاج معدل ضيق من النباتات السوبر تركت المحاصيل الكبرى عرضة للأمراض. لقد استكشفت ميتشايسون جدول أعمال نسوى لكى تستخدم الاستنساخ على البشر كخنازير غينيا، لتطمس الجنسية والعرقية والحرب والطلاء الخارجى لمجتمع جائر متعدد وأبوى، لننتج بدلا منه مجتمعا متجانسا قابلا لأن يتنبأ به، وقابلا للتعايش السلمى، غاية من الامتياز الجينى الإنسانى. تذكرنا روايتها بأهمية الطبيعة، ليست الطبيعة فقط، بل بقيمة التنوع والخسائر غير المتوقعة الناتجة حتى عن التعديلات التكنولوجية، حتى لو انطلقت من أفضل. لقد أنهت روايتها بإشارة متفائلة بأن المرونة وليس الجمود هى التى بإمكانها أن تفوز.

---

(١) كما صار أيضاً أول مدير لليونسكو (المراجع).

واليوم يأسرنا ويرجفنا خطاب أخيها الأكبر بدرجة مماثلة. إنه يذكرنى بواحد من الأشياء الأولى التى تعلمتها فى الجامعة - وهو أنه لا توجد علاقة واضحة بين الذكاء وحس المسئولية الاجتماعية. بسبب هذا فأنا أفهم إلى حدٍ بعيد لماذا ما زال الإعلام يستخدم عالم شجاع جديد كاختزال للاتجاه الذى يمكن أن تأخذنا إليه السيطرة العلمية على التكاثر بدون التفكير فى مضامينه وإخضاعها للتدقيق السليم.

بداية زائفة

على الرغم من الصلة الوثيقة بين استنساخ الثدييات والبشر، فإن العمل المبكر الذى ألهم هالدين وليدربرج، ينبغى أن يوضع فى سياقه الصحيح. إن الضفادع والسمندر من البرمائيات. من السهل العمل عليها، لأن بويضاتها أكبر من بويضاتنا بكثير - البويضات البشرية دقيقة بالمقارنة ككرة البنج بونج إلى اليقطينة - وعلاوة على أنه يمكن قياسها بالمسطرة المدرسية، فإن بويضات البرمائيات من السهل البلوغ إليها بمثل سهولة تجميع بيض الضفادع فى برطمانات المربى. لكن بويضات الثدييات لا ترى ضوء النهار مطلقا. إنها مخفية عميقا فى جسم الأنثى فى الرحم وقنوات البويضات. فعلى أقل القليل ينبغى تطوير العديد من التقنيات الجديدة إذا أردنا تطبيق هذا العمل الرائد فى البرمائيات على الثدييات. وبالرغم من التقدم الذى حدث فى أكسفورد، وارسو، وفى أماكن أخرى، فقد توقع العديد من العلماء بصورة قابلة للفهم تماما أنه سيكون عقبة ضخمة، وتخوف البعض من أن استنساخ الثدييات قد لا يكون ممكنا على الإطلاق.

لقد تم تحدى هذه الرؤية بواسطة أبحاث علمية رائعة بحق على الفئران. فقد بدا أن الاستنساخ الثديى تم تدشينه جديا مع التجارب التى أجراها الأمريكى بيتر هوب Peter Hoppe وكارل إلمنسى Karl Elmensee من جامعة جنيفا. الأخير مختص ألمانى فى علم الأجنة أنيق وجرىء، كان ينظر إليه على أنه الطفل العبقرى أو ما شابه.

فى السبعينيات فى لقاء علمى يعرف بمؤتمر جردون للبحث العلمى أذهلا نظراءهما بإدعائهما أنهما أنتجا فئرانا من آباء كلهم إناث أو كلهم ذكور. فى ١٩٧٧ وصفا فى ورقة بحثية فى وقائع الأكاديمية القومية للعلوم كيف فعلا هذا - بإزالة النواة الأولية للأنثى أو الذكر من بويضة غير ملقحة. لقد عوضا عن فقد المادة الجينية بمضاعفة (مضاعفة) المادة الجينية الكروموسومات فى النواة الأولية المتبقية بمساعدة مادة فطرية ناتجة عن الأيض تسمى سيتوكالاسين، الذى يتداخل مع انقسام الخلية بواسطة تثبيط نسخ البروتينات التى تكون الهيكل الداعم للخلية، (السيتوسكيليتون). نحن نعرف الآن أنه وبسبب ظاهرة تسمى الدمغ (تم وصفه فى القسم اللاحق)، أن هذه فرضية ملتبسة والأجنة الناتجة لن تنمو لما بعد منتصف الحمل.

بعد ذلك، وفى يناير ١٩٨١ أعلن إلمينسى وهوب فى دورية الخلية أنهما استنسخا ثلاثة فئران. هذه الفئران كلها كانت مميزة، لأن تعاقب المحاولات الفاشلة قد بدأ يشكك علماء الأحياء فى استحالة استنساخ الثدييات. وبفضل الإنجازات المبهرة فى علم التكاثر، ومساعدة حضوره المحترم، فإن إلمينسى كان مطلوبا فى المؤتمرات وفى المحاضرات العلمية الدولية. لقد ساعد بطريقة ما فى إنتاج دوللى، فمحاضراته ألهمت رمزين أساسيين فى قصتها، كيث كامبل وستين ويلادسين Steen Willadsen. حضر كيث محاضرة إلمينسى عام ١٩٨٤ فى جامعة ساسكس، عندما كان فى مستهل الدكتوراه الخاصة به. "من يدرى،" أظهر كيث فيما بعد، "ربما بدونه لم أكن لأعمل فى هذا الحقل أبدا."

لكن آخرين كانت لديهم مشاكل فى تكرار الإنجازات المذهلة لهوب وإلمينسى ، فى الحقيقة، لم تتكرر أبدا. وبالرغم من أن النوادر يمكن أن تلهم وتفتن العلماء، فإنها لم تحملهم على تغيير رأيهم. إلمينسى كان متكتما على طرقه، وسمعته الخاصة بامتلاك "الأيدى الذهبية" بدأت تذوى. حتى أعضاء مجموعته بدأوا يحبطون ويصيرون ميالين للتمرد. بلغ الأمر ذروته عندما اتهمته لجنة تحقيق بانعدام الاتقان وطالبته بإعادة

سلسلة من التجارب. وبشكل جاد لم تكن هذه التجارب ذات صلة بالاستنساخ، وقد كان الدليل غير واف على أنهما قد لفقا المعلومات.

ومن بين المحاولات التى تابعت هذا العمل، صمد واحد بسبب تأثيره على التفكير المستقبلى. لقد فسر أكثر من أى شىء آخر: لماذا استقبل بعض العلماء وصول دوللى بلهاث من عدم التصديق. بصورة ساخرة، وعلى عكس التجارب التى ألهمته، كان قابلاً للتكرار، فقد أعاق المجال لسنوات.

حسنا، هذا على الأقل حسب العديد من الروايات الشائعة عن تاريخ الاستنساخ، التى وصفت محاولة لإعادة إنتاج ما فعله إلمينسى وهوب، ببرنامج مثابر من التجارب فى معهد ويستار للتشريح وعلم الأحياء، وفى فيلاديلفيا. تم إجراء الدراسات فى أوائل الثمانينيات بواسطة دافور سولتر Davor Solter، الذى كان وقتئذ متخصصا معروفا فى علم الأجنة ومواطنا أمريكيا، وبمساعدة تلميذه جيمس ماكجراث. لقد أرادا بالاشتراك مع آخرين أن يعرفوا أكثر ما يتعلق بالتمايز. لكن مثل أى شخص آخر (ككريس جراهام فى أوكسفورد)، لم يستطيعوا التوصل لطريقة إلمينسى – هوب فى العمل. وعندما قام إلمينسى بزيارة ويستار، سألوه أن يقدم لهم شرحا. ولسبب أو آخر، لم يفعل مطلقا. ربما استطاع إلمينسى وهوب أن يحصلا على ثلاثة فئران مستنسخة، ولكنه لم يكن فى مقدورهما أن يكررا حظهما الحسن مرة أخرى، ومع ذلك، فإن مجهودات ماكجراث وسولتر أوحت بشىء مختلف. لقد اعتقد سولتر نفسه أن "التفسير المترفق هو أن إلمينسى وهوب قد قاما بخلط بعض الأجنة واعتقدا بأنهما قد نجحا".

وقد حكم بالإخفاق على تقنيتهما وكل المجهودات المبذولة لتكرارها . وأجرى إلمينسى وهوب نقلا نوويا إلى زيجوت منزوع النواة – بويضات مخصبة – بدلا من بويضات غير مخصبة، لأنه كان معتقدا بشكل خاطئ أن السابق سيمنح التنامى دعماً أفضل (رغم أن أولئك الباحثين المرتبكين الذين أنجزوا عملهم الريادى على البرمائيات، كانوا قد استخدموا البويضات غير المخصبة فيه). "وقد أعيدت التجارب

الأصلية منذ ذلك الوقت مراراً وتكراراً على أيدى مستنسخين ناجحين، وكانت النتائج عادة سلبية،" كما ذكر سولتر. لكن ذلك لم يجعل المران مضيعة للوقت.

فى محاولة لاستنساخ الفئران بهذه الطريقة، قام سولتر وماكجراث بمساهمة مفيدة فى تقنية النقل النووى التى وصفاها فى العلم فى عام ١٩٨٣ (فى ورقة بحثية رفضت فى البداية من قبل الدورية لمنافسة الطبيعة لافتقارها للتطبيق العملى). حتى ذلك الوقت لم يكن العلماء قد اخترقوا المنطقة الشفافة للبويضة فقط لينفذوا النقل النووى، لكنهم كانوا قد ثقبوا الغشاء الداخلى - البلازما - أيضا. كما قرر سولتر،"كل شخص كان يقتل البويضات بوخزها بالإبر." وأسس فريق ويستار طريقة لطيفة لإزالة النواة من بويضة الفأر الملقحة ثم إيلاج نواة جديدة بأقل قدر ممكن من الارتباك، تاركين الغشاء الداخلى للبويضة أو الزيجوت سليما. لقد سرنا على نهج هذه الحكمة عند إبداعنا لدوللى. لقد أنتجوا باستخدامهم لهذه الطريقة فى النقل النووى فئرانا أحياء (لكنهم ليسوا مستنسخين، إذ أنهم استطاعوا عمل نسخة واحدة فقط من كل زيجوت). "بعد ظهور ورقتنا البحثية بأسابيع، بدأت العديد من المختبرات فى استخدام تقنيتنا فى محاولات منها لاستنساخ حيوانات المزرعة الكبيرة،" كما قال سولتر.

واستمر هو وماكجراث فى محاولة إعادة إنتاج ما أنجزه إلمينسى بتجارب متماسكة وميالة للمنهجية.لقد أوضحا بالفعل أن أبسط أشكال النقل النووى - من إحدى البويضات الملقحة حديثا إلى أخرى - يمكن أن تنجح، مؤكدين كيف كانت لتقنيتهم القدرة على الإتيان بالنتائج. كان ذلك إلى حد كبير ما استطاعا التوصل إليه بكل السبل. لقد وصلت تقريبا كل عمليات النقل التى بدأت من الأجنة ثنائية الخلية إلى مرحلة كيس الجذعة، لكن عمليات النقل التى تمت من أجنة رباعية أو ثمانية الخلايا ومن كتلة الخلية الداخلية لأجنة أكثر تطورا (مثلما استخدمت من قبل إلمينسى وهوب) لم تنجح. ولم يوفقا أيضا فى استخدام البويضات كمستقبلات.

لقد أضحى فشلهم جليًا للغاية، حتى أن نتائجهما قد نُشرت فى دورية العلم فى ديسمبر ١٩٨٤ . لقد كانت نتائج فريق ويستار أكثر من مجرد كونها سلبية ، لقد قضيا على مسار إلمينسى المهنى فى البحث العلمى بسبب السؤال الذى أثاراه حول كيفية حصوله على هذه النتائج. واستمر هوب فى البحث عن الخلطة السحرية للسيتوكالازين[1] Cytochalasin التى تمكنه من إنتاج فئران وحيدة الآباء، لكن ذلك لم يكن ليحدث. كما استنتج فريق ويستار،"إن استنساخ الثدييات بواسطة النقل النووى البسيط مستحيل حيويا". وقد كان الأمر كذلك بالفعل. وظلت تجربة شبيمان التخيلية ضربا من الخيال.

من الرفات

صار دافور سولتر مديرًا لمعهد ماكس بلانك المرموق لعلم الأحياء المناعى فى ألمانيا. شعره رملى اللون أضحى رماديا، ويمكن أن يبدو فى بعض الأحيان مرهقا. وبالرغم من العديد من السنوات وسط الدوائر الدولية، فإنه مازال يتحدث الإنجليزية بلهجة كرواتية. يراه زملاؤه دافئًا ساحرًا معسول الكلام وكريما فيما يتعلق بمناقشة نتائجه أو مشاركته رؤاه. يصبح مفعما بالحيوية عندما يناقش هواياته – الأفلام والكتب (فيليب بولمان هو كاتبه المفضل) ولكنه فيما يتعلق ببعض الموضوعات العلمية مثل تاريخ الاستنساخ، فإنه غالبا ما ينتابه الغضب.

إن سولتر حزين لأن بحثه المنشور بدورية العلم فى ١٩٨٤ قد اعتبر بمثابة ضربة مطرقة لمجهودات استنساخ الثدييات، مشوها ثقة أناس مثلى، ومعوقا تقدم هذا المجال لسنوات. لم توح دراسات ويستار بالفعل بإمكانية الأنوية المنقولة أن تدعم التنامى كله

(١) السيتوكالازين هى نواتج أيض فطرية لها القدرة على الارتباط بالأكتين ووقف بلمرة واستطالة الأكتين، وكنتيجة لذلك فهى قادرة على تغيير مورفولوجيا الخلية وتثبيط العمليات الخلوية مثل انقسام الخلية (المترجمة).

لكنها تتلاشى داخل الانقسامات القليلة الأولى للخلية داخل الجنين. لقد ظن سولتر وماكجراث أن شيئا ما له علاقة بكيفية عمل الجينات فى عملية التنامى فى الفئران بصورة مبكرة مقارنة بالبرمائيات التى لم يستطيعوا إعادة برمجتها بواسطة النقل إلى زيجوت منزوع النواة. فى العلم اقترحا أن حل المشكلة ربما يوجد فى ثنايا الدراسات المبكرة التى أجريت فى ويستار. كما حدث مع آزم سورانى فى معهد علم وظائف الحيوان بكامبريدج فى إنجلترا، حيث ماتت كل أجنة الفأر (جاءت نتيجة استبدال الكروموسومات الأبوية والأمية) التى لها أبوان أو أمّان. المغزى هنا أن الأجنة تحتاج إلى جينات من كلا الأبوين.

نحن ندرك الآن أن سولتر وماكجراث بهذا العمل قد قاما بإسهام أساسى. هذه الظاهرة التى تسمى الدمغ أو الطبع imprinting تؤكد أنه بالنسبة لجينات معينة، تستخدم فقط نسخ من الأب أو الأم أثناء عملية التنامى. وهذا أيضا يجعل عملية إعادة البرمجة أصعب، لهذا فقد خلصا فى العلم إلى أن نتائجهما رجحت أن استنساخ الثدييات بواسطة النقل النووى البسيط أمر مستحيل. واستنادا لما نعرفه اليوم، فإن تفكيرهما كان أبعد ما يكون عن مجانبة الصواب. لكنهما استخدما الزيجوت مفضلين ذلك على البويضات، الطريقة التى نعلم الآن أنها كانت أقل احتمالية فى أن تؤدى إلى النجاح. وفريق ويستار أيضا لم يتحل بالحكمة حين استخدم كلمة "مستحيل" ودفعوا ثمن ملاحظتهم الخاطئة منذ ذلك الحين.

لكن ربما أكثر ما يعتمل فى ذهن سولتر هو الوصف المتكرر له على أنه العالم المرموق الذى تسبب حكمه المدمر فى إعاقة البحث فى الاستنساخ. لقد احتج بأن ذلك مثير للضحك، استنادا لوضعيته فى المجال فى عام ١٩٨٤. "كان الناس بالفعل يجرون النقل النووى على حيوانات المزرعة محققين نتائج واعدة فى السنوات الماضية، ولم أجد ممن تحدثت معهم من الناس من أصابه الذعر على الأقل من نتائجنا." فرق عديدة بما فيها فريقى كانوا بالفعل متعجلين، ولم يكن ذلك بسبب وجود المئات من العوامل

التى تؤثر على النقل النووى فقط، وبالرغم من أن سولتر كان مجتهداً وضليعًا، فإنه لم يستطع أن يكتشف كل الامكانيات.

لقد كنا مجرد علماء حيوان، عملوا فى الحقول والأفنية المحاذية لمخازن الحبوب والمذابح. فبالنسبة لنا تمثلت قيمة عملية فى مقدرتنا على إنتاج عديد من نسخ الأجنة المستمدة من أفضل حيوانات المزرعة. بعض من صفوة الحيوانات تصل قيمتها لحوالى ٥٠٠٠٠٠ جنيه استرلينى للحيوان الواحد، وتباع ذريتها مقابل ما يربو على ١٠٠٠٠٠ جنيه استرلينى. إن الأرباح الممكنة منحتنا جميعا الحافز لكى نجتهد. ولم يكن معلوما لنا فى ذلك الوقت حقيقة أن النقل النووى من السهل إجراؤه فى العديد من حيوانات المزرعة عن تلك الحيوانات التى توجد كلية فى المختبر، كالفئران. وقد ضم الباحثون الذين كانوا يحاولون تطوير طرق لاستنساخ حيوانات المزرعة نيل فرست من جامعة ويسكونسن، حيث كان راندى براذر، فرانك بارنز، مارك ويستوسين وجيمس روبل ضمن آخرين يشتغلون على كيفية استنساخ أجنة الماشية الممتازة بمساعدة شركة دبليو. آر. جريس.

علاوة على ذلك، فإن الكآبة التى أثارها سولتر وماكجراث لم تعق ستين ويلادسين الدانماركى المبدع الانبساطى المفعم بالطاقة الذى نال إنجازه جائزة الريادة من المجتمع الدولى للنقل الجنينى. أحيانا ما كان يطلق على "أبو" دوللى و هذا مجحف وسخيف إلى حد ما أيضا استنادا للمشاركات الضخمة التى حظيت بها من قبل كيث كامبل وآخرين فى معهد روسلين. حسنا، هذا الدانماركى المندفع الغامض هو بلا شك "أمها". بدأ ويلادسين كطبيب بيطرى، ثم عمل كباحث علمى، فى بريطانيا أولا، ثم فى الولايات المتحدة، محققا تقدما مهما. وهو يعمل الآن على التكاثر البشرى، فهو مميز ولامع ولا يتحمل الحمقى بابتهاج.

عمل ويلادسين تحت إشراف كريس بولج فى وحدة مركز البحث الزراعى لعلوم الفسيولوجيا التكاثرية والكيمياء الحيوية فى كمبريدج، حيث جمد الحيوان المنوى لذكر الخنزير وأنتج أول عجل للجنين المجمد. وكنت قد غادرت إلى معهد روسلين قبيل

وصوله. لقد ورث ويلادسين منحتى الدراسية ومشروعى البحثى فى مناخ من الحرية الأكاديمية العظيمة، حيث يمكن للأفكار العظيمة والابتكارات أن تزدهر بلا تدخل. وهذه الحرية سمحت له بتعقب المجال الذى أضعف ثقة الكثيرين ظاهريا، ألا وهو استنساخ الثدييات. واشتغل ويلادسين فى الاستنساخ بواسطة فلق الأجنة. إحدى المشكلات هى أنه عندما تدمر الطبقة الشفافة الحامية، فإن نظام الأم يدمر الجنين حتى مرحلة كيس الجذعة. لقد تغلب ويلادسين على هذا بتقسيم جنين النعجة أو البقرة إلى قسمين، ثم كسا القسمين بطبقة سمكها ملليمترين من الأجار الواقى - هلام مصنوع من الطحلب البحرى - وبهذه الطريقة، يسمح للأجنة أن تتطور فى مسارها التكاثرى لأنثى أخرى قبل استعادتها، وبهذا يمكن نزع الأجار بواسطة إبرة تحت جلدية بمجرد أن يكون قد أدى وظيفته، ثم تزرع فى البديلة فى مرحلة متقدمة بالشكل الكافى لتعيش حتى أوان المخاض، بالإضافة إلى سهولة الاستنساخ بواسطة شطر الأجنة، فقد سهلت هذه التقنية كثيرا كيفية التعامل مع الجنين مما جعل أفق العلوم التكاثرية أكثر رحابة. لقد خلط ويلادسين خلايا من أجنة من أنواع مختلفة - بمساعدة كارول فهيلى Carole Fehilly، التى ستصبح زوجته - منتجًا الغنم (عنز- غنم).

لم تكن الماعجة[1] أول كيميرا اصطناعية. فلقد منح هذا الشرف فأر ولد فى ٦ مارس ١٩٦١ كنتيجة لتجربة أجراها أندريه تاركوفسكى Andrzej Tarkowski، ثم فى قسم علوم الحيوان فى الكلية بجامعة نورث ويلز، حيث عمل كزميل لمؤسسة روكفيلر. وبعد أربعة عقود وفى الدورية الدولية لعلم الأحياء التكوينى أشار عالم الأجنة اللامع بابتهاج إلى هذا المشروع "المجنون". بالعودة إلى بواكير الستينيات، وكان قد وجد أنه بإمكانك أن تضم جنينى فأرين يتكونان من بضعة خلايا معا لتنتهى بحيوان مفرد، يكون الحصول على فراء أبيض فى أسود له هو الغرض المرئى الوحيد لازدواج أصله. فى نفس الوقت ولدهشته العظيمة ، اكتشف تاركوفسكى عالمة أخرى تقوم

(١) حيوان هجين ما بين الماعز والنعاج (المراجع).

بنفس تجربته المجنونة - بياتريس مينتز من مركز سرطان فوكس تشيز فى فيلاديلفيا. مثل أجنة قنافذ البحر المرنة عند درايش، بينت الكيميرات كيف تستجيب الخلايا فى الجنين لبيئتها. واستنبطت طريقة أخرى تم فيها حقن الخلايا فى كيس الجذعة، بواسطة ريتشارد جالردنر ورالف برينستر ، سوف تتيح العديد من الفرص أمام إمكانيات إيلاج الخلايا الغريبة إلى داخل الجنين.

كان ويلادسين و فهيللى أول من خلطا خلايا من أنواع مختلفة. هذه تجربة شاذة بشكل واضح لإنتاج كيميرا الغنم، لها غرض خطير. فى ذلك الوقت كانوا مهتمين بتحديد كيفية تقبُّل الأم لوجود الجنين أثناء الحمل، وهو موضوع خاص بعلم المناعة، يلقى الضوء على الخطأ الذى يمكن أن يحدث مؤديا إلى الإجهاض. ورغم أن النعجة لن تتقبل جنين الماعز والعكس صحيح، لكن كلتيهما تتقبلان جنين العنم. علاوة على ما سبق، فإن بعض الخلايا فى جنين الكيميرا تكوّن الجنين، بينما تكوّن الأخرى المشيمة. وهذا يفسر أساسا منطقيا آخر لبحث ويلادسين: هذا الأسلوب قد يُمكّنه من خلق الكيميرا بالطريقة التى تكون فيها الأم من نوع شائع، ويمكن أن تضع جنينا من أنواع معرضة للخطر: يمكنك أن تصنع الكيميرا وبالتالى تتكون المشيمة من زمرة من الأنسجة (من الأنواع الشائعة) ويتكون النسيج الجنينى من الأخرى (من الأنواع المعرضة للخطر أو المنقرضة).

لقد شق ويلادسين طريقه ببحثه هذا عن الاستنساخ، وفى عام ١٩٨٦ صعق الجميع بإعلانه فى ورقة بحثية بمجلة الطبيعة؛ بأن قام باستنساخ نعجة من الأجنة المبكرة. ويعرف هذا العمل الآن على أنه حجر زاوية جوهرى فى علوم التكاثر. فأعمال إلمينسى البطولية لم يتم التحقق منها، وسولتر وماكجراث لم يعيِّنا مسار التنامى كله حتى الولادة، كانت حملان ويلادسين أول ثدييات تم استنساخها من أى نوع - بدون أى شك - لقد حاول بواسطة النقل النووى، بالطبع، أن يحقق عملا فذا بطريقة إلمينسى لكنه فشل مثل الآخرين جميعا.

دونما معوقات تغلب ويلادسين على المشكلات بعزم مطلق. عندما زرته فى كندا لأول مرة، كنت مندهشا من أنه قام بالجزء الأعظم من بحثه بمفرده. لقد عوّض نقص المساعدين لديه بالعمل بجد. فالاستنساخ يتطلب العديد من المهارات المختلفة، وعادة ما ينجز بواسطة فريق كبير كما سيتضح فى الفصل القادم. حتى الآن فى هذا المختبر قام بعمله كله فى كثير من الأحوال بنفسه حتى القيام بتخدير الحيوان وإجراء الجراحة عليه، هو أيضا ذو براعة غير محدودة. عندما حاول سولتر وماكجراث الاستنساخ، استخدما أجنة مفردة الخلايا كمستقبلات لأنويتهم الواهبة. لكن ويلادسين فسر ذلك بشكل صحيح، وهو أن البويضة غير الملقحة ستكون أفضل لأنها مترعة بآليات بروتينية لتعمل على الـ د.ن.أ من الحيوان المنوى، وهذه الآلية يمكنها إعادة برمجة الـ د.ن.أ فى نواة الواهب. كل ما أجريناه على البرمائيات رجّح أن تلك كانت طريقة العمل.

يرجع ويلادسين البصر للماضى حينما كتب فى مجلة الطبيعة عام ١٩٨٦ ورقته البحثية بخصوص النعجة المستنسخة:

> لقد تأكدت من أن "نبوآتى" قد تحققت فعليا وقت أن سمحت لدورية الطبيعة Nature أن تنشرها. حينئذ لم أكن قد استنسخت أجنة البقرة فقط، بل كنت قد أجريت عملية التحديد الجنسانى للجنين وتجميده متكاملتين أيضا مع الإجراء برمته، وبينت أن الازدراع النووى المتسلسل قد عمل من حيث المبدأ – بعبارة أخرى – لقد أسست إطار عمل يمكن للمرء وفقا له أن يتعامل مع كل متطلبات الاستنساخ المعقولة لمربى الماشية ، وكان هذا هو الهدف الرسمى الذى قدمته إلى (مجلس الأبحاث الزراعية).

وقـبل أن يعى أى أحـد بالكاد مـا الذى كـان يحـدث، تم تطوير
إجـراء ازدرا ع نووى من أجل الفـائدة الشـاملة (١٩٨٣ - ٨٤)
وقد تم بنجـاح استنسـاخ أجنة النعاج والأبقار وتكرار العملية
(التى بها) أعنى أن حملانا قد ولدت (أغسطس ١٩٨٤) وعجولا
فى طريقها لذلك (نوفمبر ١٩٨٥). وبقدر مـا يستطيع شخص
واحد أن ينجز هذا، فقد فعلته.

برافو! أنت لكى تحقق ذلك منتميا إلى فريق فهذا مؤثر. لكن تنجز هذا وحدك وتنتج حملين من ثلاث بويضات، فهذا بطولى.

كان هناك المزيد. فقد انتهى العمل فى مزرعة الماشية فى تكسان التابعة لجرانادا لعلوم الجينات ، وهى إحدى الشركات التى انهارت بعد زوال الإعفاء الضريبى عنها. وعاود ويلادسين اختراق الحواجز مرة أخرى. اعتقد البعض أنه كان من غير الممكن استخدام الخلايا المتمايزة بصورة ملحوظة لأجل النقل النووى، لكن ويلادسين لديه أفكار أخرى، هذا البراجماتى الدائم كان يخضع "لقانون" علم الأحياء، هذا بعد أن يكون قد جسه واختبره لنفسه. كل ما أزعجه هو صعوبة الحصول على هذه الخلايا لأنها تتكتل مع بعضها البعض بإحكام أكثر كلما تطورت الأجنة.

مبحراً ضد ميوله العقيدية الفطرية، أنتج ويلادسين بحلول ١٩٨٧ عجولا حية بواسطة النقل النووى من أجنة تقدمت حتى المراحل الخلوية من ٣٢ إلى ١٢٨، لكن هذا العمل ظل غائبا عن الجمهور لسنوات عدة. عند هذه المرحلة من التطور لاتزال إمكانية فصل خلايا الجنين قائمة بسهولة. ثم تنقل بعد ذلك النواة من إحدى هذه الخلايا إلى بويضة مسنة. وقد يتوقع المرء أن نواة أكثر طزاجة قد تكون أفضل. علاوة على ذلك ، فإن البويضات التى استخدمها ويلادسين كانت أكبر عمرا من تلك المستخدمة من أجل التلقيح فى الأنبوب، على سبيل المثال، الأمر الذى يصدمنى الآن أكثر من غيره. مع إدراكنا المتأخر يمكننا أن نرى أن ويلادسين بالتجربة والخطأ، قد صادف أحد الأسرار التى نجح فريق روسلين فى كشفها فيما بعد. لقد وجد إحدى

أكثر الطرق فعالية للتنسيق بين نمو نواة الخلية الواهبة والبويضة المستقبلة (بينت الأبحاث فيما بعد سبب أهمية هذه النقطة وهى أن البويضة الأكبر عمرا تيسّر تنشيط نمو المستنسخ. فى بحثنا المتقدم، اكتشفنا أن للبويضات الكبيرة عيبا واحدا، فهى ليست جيدة جدا فى إعادة برمجة النواة المنقولة، وبالتالى ستكون إعادة برمجة الـ د.ن.أ فى الخلية البالغة عملية مجهدة للغاية.)

إن نجاح ويلادسين كان استثنائيا. فى هذه المرحلة من التطور تكون الخلايا الجنينية المبكرة قد تمايزت إلى نوعين خلويين أولين، التروفيكتودرم الخارجى – الغلاف الذى يغطى الخلايا التى ستصبح من الملحقات مثل المشيمة – وكتلة الخلايا الداخلية التى من المقدر لها أن تكون الجنين الأصلى. لقد اقترح بحثه لأول مرة أن النقل النووى فى الثدييات كان ممكنا ، على الأقل فى تلك المراحل الجنينية الأولى. ولسوف يمنح عمل ويلادسين الكثير من القوة الدافعة من أجل دوللى.

شهد ذلك العام نفسه عمل إلمينسى الفذ الجدلى، الذى ألهم ويلادسين فى الأساس، أو الذى أثمر بطريقة مقنعة على الأقل فقد أعلن يوكيو تشيونودا Yukio Tsunoda وزملاؤه فى جامعة كينكى أنهم قاموا باستنساخ الفئران بعد عملية نقل للأنوية بين الأجنة حديثة العمر للغاية. وادعى إلمينسى أن هذا قد برر عمله. على أن تشيونودا بشكل حاسم استخدم أسلوبا مختلفا. وكما قال سولتر فى حينها،"إن الهبوط على سطح القمر من قبل طاقم أبوللو لا يثبت أن التقنيات والنتائج التى وصفها جول فيرن قد عملت فعليا."

وحى ويلادسين

بدأ طريقى إلى دوللى بضربة حظ أثناء احتسائى الشراب مع رفاقى فى حانة فى دبلن فى يناير ١٩٨٧. لقد كنت أحضر المؤتمر المفضل لدى – الاجتماع السنوى للجمعية الدولية لنقل الأجنة – فى تلك الأيام البائسة، كانت الحكومة البريطانية قد

قللت دعمها بشكل قاس، وكنت محظوظا لبقائى هناك فى النهاية. لقد كنت ضيفا على مديرى، روجر لاند Roger land الذى دفع لى تذكرة الركوب من المال الذى اكتسبه من بعض الأعمال الاستشارية. وعلى الرغم من الاختلافات الكثيرة بيننا، فأنا أدين لروجر بدين عظيم لإتاحته هذه الفرصة لى. فى الحانة معتمة الإضاءة، أخبرنى واحد من زملاء ويلادسين الذى كان يعمل فى قلب تكساس عن أعماله الجديدة المحورية والملفتة، وأعنى به جيوف ماهون Geoff Mahon الطبيب البيطرى (الذى أعتبره "الراعى الشخصى" لويلادسين).

غالبا ما تكون أثمن الأجزاء فى الملتقيات العلمية هى تلك الأحاديث غير الرسمية، عندما يتجاذب باحثو المنح العلمية أطراف الحديث ويتشاركون الأفكار فى بعض الأحيان، أو النتائج الحديثة التى على وشك نشرها فى الدوريات الرسمية (للأسف، نقص تبادل الأفكار لأن الأبحاث أصبحت تجارية أكثر، واشتد الضغط من أجل تسجيل براءات الاختراع.) لقد علمت من جيوف أن ويلادسين قد استخدم النقل النووى مع جنين بقرى يبلغ عمره بضعة أيام، فى مرحلة كيس الجذعة المبكرة، حيث توجد حوالى ٤٦ خلية مازال يمكن فصلها. هذه التجربة بالنسبة لجرانادا لعلوم الجينات، فى مركز الجامعة فى تكساس، لم يكن محتملا أن تتفعل وفقا لمبادىء تلك الأيام، لأن جينات أجنة الماشية قد بدأت بالعمل فعلا وبدأت خلاياها فى التمايز. لكن جيوف أخبرنى بأن ويلادسين قد نجح. وأخيرا فهمنا مالم نكن نفهم وقرعت الأجراس ابتهاجا (رغم أنى لم أكن ذلك النوع من الأشخاص الذين يركضون عراة فى الشارع وهم يصرخون "وجدتها!").

عندما حلقنا أنا وروجر لاند فوق البحر الأيرلندى فى طائرة صغيرة ومزعجة إلى حد ما، كنت متحمسا بخصوص ما أريد فعله. إن الحقيقة الدامغة بأن ويلادسين أنتج عجولا من أكياس الجذعة تعنى تقريبا وبشكل مؤكد أنه قد أجرى استنساخا باستخدام الخلايا الجذعية لكتلة الخلية الداخلية، الجزء من كيس الجذعة الذى يتحول معظمه إلى الجنين. بالعمل فى أكسفورد، أثبتت كل من روزا بدينجتون وليز

روبرتسون بالفعل أن الخلايا الجذعية الجنينية فى الفئران تحتفظ بالعديد من الخصائص الخلوية المستمدة من كتلة الخلية الداخلية. الآن أفهم كيف أجعل التعديل الجينى أسهل. التجارب على الفئران كانت توضح أن التغيير الجينى الدقيق كان أكثر فعالية فى الخلايا الجذعية الجنينية عنه فى الخلايا المتمايزة البالغة. لذا فإننا إذا استطعنا أن نستخلص الخلايا الجذعية الجنينية من الماشية، سنصبح قادرين لأول مرة على أن نفعّل التغيير الجينى فى الخلايا الجذعية الجنينية وعندما عمل بشكل صحيح، أنتج مستنسخا من تلك الخلايا المعدّلة جينيا . إن تقنيات اشتقاق وتعديل خلايا الجذعة ونقل أنويتها منها ، كل هذا سيقلب علم الجينات فى الماشية رأسا على عقب. فبالإضافة إلى أن هذه الطريقة أقل تأرجحا بين إصابة الهدف حينا والخطأ حينا، إلا أنها لن تستخدم كثيرا من الأجنة وستكون أسرع بكثير.

لقد رتبت لزيارة ويلادسين الذى كان حينئذ يعمل فى كالجارى فى كندا . لم يكن مرحا ومضيافا فقط، ولكنه كان أيضا جنتلمان (عندما يصف العلماء أحدا بأنه جنتلمان أو كريم، فذلك يعنى أنه يناقش أفكاره بشكل مفتوح، ويكشف تلك التفاصيل التى قد تبدو غير دالة ظاهريا ولكنها لازمة بشكل حاسم لتحقيق النجاح) . لقد تمشّينا فى الأراضى المكسوة بالأشجار الخفيضة بالقرب من مختبره، وثرثرنا، فويلادسين يحمل بداخله طفلاً صغيراً . لقد منحنى الكثير من النصائح المفيدة. أرانى فيما بعد تفاصيل تقنية، ووضح لى كيف أحمى الأجنة الناشئة بمعطف من الآجار، صانعا أغلفة يتراوح سمكها من جزء من المليمتر إلى اثنين من المليمترات.

كانت هناك مشكلة واحدة. وهى لم يفصل أحد حتى حينها الخلايا الجذعية الجنينية من النعاج. وحتى وقت كتابة هذا لم يفعلها أحد . وحتى لو فعل، فهذا غير مهم بسبب انعطافة ما فى تلك القصة التى أدت إلى إخراج دوللى للحياة. لقد اكتشفت أنا وزملائى أنه – وبشكل مدهش – يمكنك أن تفعل ما فعله ويلادسين، ولكن باستخدام خلايا بالغة، الخلايا التى من المفترض أنها قد بدأت فى التحول إلى خلايا جلد، دم أو أيا كان. لقد تمكنا من إرجاع عقارب الساعة التكوينية إلى الوراء. لقد استطعنا أن

نعيد الشباب إلى الخلايا. ولسنا مضطرين لتنمية خلايا جذعية جنينية فى النعاج من أجل أن نعدل النعاج جينيا.

ميجان وموراج

إن الأمر يستحق أن نراجعه لبرهة، وذلك للتأكيد على شيئين إثنين ميّزا العمل الذى قاد إلى دوللى. أولاً: بعد سنوات من المشاركة فى ريادة مشروعات إضافة الجينات إلى الماشية، كنا جميعًا فى روسلين على وعى بالتقنيات المبكرة لتغيير الحيوانات جينيا. لقد كانت غير كفء ولا يُعوَّل عليها، أسوأ ما فيها جميعها، هو عدم وجود طريقة لحذف الجينات الضارة أو زرع أخرى جديدة بأسلوب متقن. كان أملنا عندما بحثنا عن تمويل للخطوة التالية من بحثنا، أن ننجز أمرين هما: اشتقاق الخلايا الجذعية الجنينية من الماشية، ونقل الأنوية منها. وإذا استطعنا أن نفعل هذا، فسوف نستطيع أن نجرى جراحات جينية على أنويتها. كان علماء الجينات فى الفئران فى ذلك الوقت قد اعتادوا على أن فى استطاعتهم أن ينتجوا أو "يستهدفوا" تغييرات جينية عن طريق استخدام خلايا جذعية جنينية. لقد ثوّرت هذه التقنية علم الجينات الجزيئى فى الفئران. لقد رغبنا فى القدرة على فعل المثل مع حيوانات المزرعة المتناسلة، بأن نجعلهم أكثر تحملا، أسرع نموا، وأكثر مقاومة للأمراض.

ثانيا، لقد اعتمد إنجازنا على عمل شاق أنجزه أناس آخرون كثيرون. أحيانا ما كان ينسب لمجموعة العمل فى روسلين (على سبيل الخطأ) تطوير النقل النووى فى الثدييات. كما هو واضح الآن أن الفضل فى ذلك ينسب فى معظمه إلى ويلادسين. وبالطبع ترجع أصول ما أنجزه إلى ماهو أبعد. حقا، أنا لم أدخل تقنية النقل النووى إلى معهد روسلين. فقد كنت مهتما بتطور الأجنة داخل الأرحام، وبخاصة لماذا تموت العديد من الأجنة حتى بداخل إناث صحيحات، وما هو دور الهرمونات الأمومية. وفى عام ١٩٨٥، جاء للعمل معى فى معهد روسلين طبيب بيطرى

برازيلى من أسرة بريطانية هو لورانس سميث Lawrence Smith ليقوم بتجارب على البويضات فى قناة البويضات. وبعد أسابيع قلائل قرر أن هذا ممل، ورغب فى أن يجرب نفسه فى النقل النووى بدلا من ذلك، وكان اختيارا حكيما. وقتئذ، كان ويلادسين يمهد الطريق.

لقد كان لورانس سميث هو من علمنى أسس الاستنساخ. فقد أنتجنا سويا أول حملان مستنسخة فى روسلين - كانوا أربعة فى المجمل - بواسطة النقل النووى فى ١٩٨٩. بالإضافة إلى معاونتنا فى تأكيد النتائج التى توصّل إليها ستين ويلادسين، ميز هذا العمل روسلين كمركز للاستنساخ. كما قام لورانس بتعليم بيل ريتشى Bill Ritchie أيضا، وهو الذى أجرى عمليات النقل النووى فى تجاربنا الحاسمة فيما بعد، والتى أدت إلى مولد دوللى. وكما يحب الإعلام أن يخبرنا، فإن مبدأ الاستنساخ بسيط للغاية. فأنت تحتاج إلى خليتين من أجل إنتاج مستنسخ. إحداهما بويضة مستعادة من شاة واهبة تقريبا فى ذلك الوقت الذى تتزاوج فيه طبيعيا. الأخرى هى خلية بالغة من النعجة التى ترغب فى استنساخها. وذلك بإزالة المعلومات الجينية من البويضة أولاً، ثم بإدخال المعلومات الجينية المستمدة من الخلية البالغة، وذلك بدمج الاثنتين معا. وتنمّى هذه البويضة المعاد إنشاؤها من جديد فى المعمل لعدة ساعات أو أيام، وعندها تنقل إلى أم بديلة وتُعطَى الفرصة لكى تتطور وتنمو إلى حمل. يمكن للمرء أن يتوقع رؤية حمل مستنسخ - إذا كان محظوظا - بعد خمسة أشهر من نقل الجنين إلى شاة مستقبلة. سهلة (ويأتى المزيد من الكدح والاجتهاد والعرق الذى أدى إلى هذا العمل الفذ فيما بعد.)

لقد أوضح لورانس بشكل حاسم أن أحد مقوّمات النجاح الهامة، كانت حالة النواة فى الخلية الواهبة ، سواء أكانت قد انقسمت للتو، أو كانت مازالت تستعد للانقسام. لقد أنجز تحليلا متقنا للتأثير الناجم عند تنويع الدمج، سواء فى المراحل المبكرة أوالمتأخرة بالنسبة للنقل النووى فى الفئران. هذه الرؤية قد اتسعت ، وفى ١٩٩١، عندما انضم إلى فريق النقل النووى فى روسلين ذلك الفتى طويل الشعر، من

برمنجهام بسلوكه المضاد للمؤسسات ولاستكمال القولبة ، هو عاشق الأقداح الممتلئة فى الحانات. كان موظفنا العلمى رفيع المنزلة باحث ما بعد الدكتوراة كيث كامبل الذى لعب دورا مركزيا فى مشروع دوللى.

لم يتألق كيث ابن بائع البذور تماما فى مدرسته الثانوية البريطانية، تاركا إياها دون إحراز مستويات متقدمة. لقد أصبح فنيا طبيا ("إننى أستقيل من وظيفتى فى اليوم الذى أكون فيه كفأً للقيام بها")، التحق بوظيفة فى معمل باثولوجى فى اليمن، ثم عاد إلى ساسيكس للمساعدة فى مكافحة مرض شجر الدردار الهولندى، الذى كان يدمر أشجار الدردار البريطانية، ثم بعدها عمل على السرطان. كان يملك طلّة المتطفل على الفن، مثل كولين تودج الذى كتبت معه الخلق الثانى. "شىء ما من طلعة المطرب الشعبى".

عندما تحدث معى أنا وابنتى على الغداء (كانت ناعومى تقضى الوقت فى روسلين من أجل اكتساب خبرة فى العمل) وكلانا كان مأخوذا بوضوح أفكاره. قال كيث بشكل غير اعتيادى:"لقد تحدثت بصخب وغضب لساعة ونصف الساعة تقريبا، وكلهم خرّوا نائمين." لقد وصفه المؤلف فاى ويلدون بشكل بارز بأنه "صاحب الشعر الغجرى الذى لابد وأن يكون عبقريا. ذا كاريزما، ملهما، رجل الأفكار الذى التحق بالعمل فى تكنولوجيا الجينات حديثا، فتى المدرسة المهتم للغاية بالشراغف، لأن أمه قد اعتادت أن تكنس الضفادع الوليدة من المطبخ."

امتلك كيث الخلفية التقنية المثالية لما أريده، لقد درس دورة الخلية فى الزينوبس لنيل أطروحته للدكتوراه من جامعة ساسكس، وقد كان على دراية بعمل جردون وإلمينسى، والأهم أنه كان مأخوذا به. كما كان على إلمام برؤية عميقة للتمايز، اكتسبها أثناء عمله المبكر للدكتوراه ، عندما كان يعمل فى مؤسسة أبحاث السرطان فى معهد مارى كورى بسرّى، المجهود الذى تلاشى بسبب مرض المشرف عليه. وعلى خلفيته هذه، ظن كيث أن رؤية شبيمان الخيالية يمكن أن تتحقق وتُستخدم الخلايا البالغة فى النقل النووى. لقد أدرك فى نهاية الأمر أن بعض أشكال النمو المسخى الذى يتألف من

خليط من الشعر، العظم، الدهن، العضلات، وأنواع أخرى من الخلايا، ربما نشأت كلها خلية بالغة واهبة، أو من تغير التمايز، عندما تتحول الخلية المتمايزة من طراز إلى آخر يُعتَقد الآن أن الخلايا الجذعية تلعب بالفعل دورا مهما في السرطان، لأنها تستكمل بناء الأنسجة والأعضاء طوال حياة الإنسان، ونواتجها أكثر عرضة لتكديس التغيرات الجينية للحد الذى تصبح معه سرطانية.

منح روسلين بدوره كيث - الذى كان رب عائلة حينها - دخلا ثابتا، وظيفة بالقرب من مكان معيشتهم (كان كيث فى ذلك الوقت يعمل بمنحة لما بعد الدكتوراه فى جامعة داندى)، وفرصة للاستنساخ ولتطبيق أفكاره عن دورة الخلية والتمايز. وبينما كان كيث مدفوعا بفضوله الأساسى وحده، كنت أنا أيضا أريد استخدام الخلايا الجذعية الجنينية للنعاج فى الاستنساخ. أملت بهذه الطريقة أن أخلق فرصا جديدة للتعديل الجينى: قم بتعديل الخلية الجذعية وفقط عندما يتم ذلك بشكل سليم تماما، تابع الاستنساخ، وزرع الأجنة.

لقد ركّز كيث على عملية النقل النووى نفسها. أولى مشاركاته الهامة لجهد الاستنساخ فى روسلين كانت التحرّى عن حالة النواة التى تجعلها مهيئة للنقل النووى. لقد وجد أن فاعلية النقل النووى كانت محدودة جدا، إلا إذا تم التنسيق بين دورات الخلية الواهبة والبويضة. هنا ساعدنا على أن ننظر للخلية باعتبارها ساعة كيميائية بالغة الغرابة. فليس مدهشا أنه من أجل أن تقوم بعمل استنساخ صحيح، ينبغى أن تفهم هذا الميكانيزم. إذا ما حاولت الاستنساخ معتمدا على "تكة الساعة" الخاطئة، كما حدث كثيرا من قبل، بسبب استخدام خلايا أكثر تمايزا، فإن الاستنساخ لن يتم قط. وكلما ازداد استيعابنا للدورة المعقدة التى تتكتك بداخل خلايانا لملايين المرات فى كل ثانية، كلما بدت أمور الحياة اليومية ذاتها أكثر إدهاشا. والمحاولات البدائية المبكرة فى الاستنساخ والتى قام بها شبيمان، بريجز، وآخرون بالرغم من محدودية نجاحها، تبدو أشبه بالمعجزات.

إننا نكن الشكر لكيث على عمله الهام فى الأنسجة الليفية فى الأبقار. لقد وجدنا أنه من أجل نجاح النقل النووى، يجب علينا أن نستخدم طرقا متنوعة للتنسيق بشكل منضبط بين دورات الخلية فى البويضة والخلية المعطية. إحدى الطرق كانت محاكاة لأسلوب ويلادسين فى استخدام خلايا مسنة. لقد قمنا على وجه الخصوص باستثارة البويضة، لكى تصبح منشّطة قبل النقل النووى. مثل هذه البويضة المنشطة مسبقا هى مستقبلة شاملة، لأنها مناسبة للنواة فى أية مرحلة من مراحل دورة الخلية. ومع ذلك، وكما نعرف الآن أن حقيقة تنشيطهاأو تسنينها يعنى أن البويضة لن تكون فى أفضل حالاتها لإعادة برمجة النواة المنقولة، الخطوة الحاسمة التى تجعل إعادة الشباب للخلية المتمايزة ممكنا.

وبشكل متبادل، ومفضّل، يمكن أن تكون البويضة فى حالة معينة تعرف بحالة MII . مثل هذه البويضة تبدو أنها تمتلك أفضل ائتلاف من العناصر من أجل إعادة البرمجة. على نحو ملائم بالشكل الكافى، وهى نفس الحالة التى تصل إليها البويضات عندما تنضج فى الرحم استعدادا للتلقيح. (MII) هى اختزال للطور المتوسط (II) وهى إحدى المراحل فى تطور البويضة (الانقسام المنصف). الـ (II) ترمز إلى أن الانقسام المنصف قد تقدم نحو انقسام الخلية الثانية. "الطور المتوسط" هو إحدى مراحل دورة الخلية التى تكون فيها الخلية بلا نواة والكروموسومات "متكثفة": تقع فى المنتصف، جاهزة للتضاعف والانقسام. البويضة غنية بمادة تسمى عامل معجِّل للانقسام المنصِّف (MPF؛ و M يمكن أن ترمز أيضا للنضوج أو الانقسام الفتيلى (يعتمد هذا على السياق الذى يتحدث فيه العلماء)، الذى وكما يدلنا الاسم، يسرِّع من هذه العملية. لقد كنا محظوظين باستخدامنا النعاج، حيث أمكننا أن نقبض على البويضات فى هذه المرحلة التّقبُّلِيّة؛ فالفئران تتسابق بسرعة أثناء الطور المتوسط II ولا يمكننا أن نكسر تطورها هذا إلا عن طريق العقاقير حتى يتم استنساخها بنجاح.

الخطوة التالية هى أن نعد بويضة الطور المتوسط II لإعادة برمجة الـ . د.ن.أ المنقول عن طريق تفريغ البويضة من نواتها، وبالتالى من الـ .د.ن.أ الخاص بها. ولأن

خلايا البويضات هذه لا تحتوى على نواة، ولكن بدلا منها كروموسومات حرة، يُستخدم مصطلح "نزع النواة" بشكل غير دقيق للدلالة على إزالة الـ .د.ن.أ النووى. وبصورة حاسمة، لأن الغشاء النووى يكون قد تلاشى عند هذه المرحلة، وتوجد عوامل خاصة يمكنها أن تتحد مع الـ .د.ن.أ لجعل عملية المضاعفة تبدأ.

ويقدر ماهو مهم اختيار البويضة، فإن التحكم فى دورة الخلية التى ستعطى الـ [د.ن.أ] للبويضة المفرغة على نفس القدر من الأهمية أيضا. يجب أن تكون الخلية فى بداية دورتها جاهزة للانتقال عن طريق نسخ الـ .د.ن.أ والنمو. هذا ما أثبتناه خلال عام أو اثنين من بداية المشروع. مايحد عمليا من هذه المعرفة الجديدة هو أن الخلايا الجنينية لا يمكن أن تُوقَف عند بداية الدورة. طالبنا الأسبانى بيدرو أوتجيو والذى كان يقوم بتجارب موازية على الفئران وأمضى الساعات يُعِدّ الأجنة لكى تكون فى مرحلة مناسبة تماما عندما يحتاجها، عاملا ليل نهار، غالبا مثل كثير من الطلبة.

زميل آخر هو جيم ماكوير استمر فى البحث عن الخلايا الجذعية الجنينية فى النعاج والدواب الأخرى إلى حد أنه بدأ بواحد من الرواد فى هذا المجال، مارتين إيفانز Martin Evans فى كامبريدج. وبالرغم من جهده الجهيد، فهو لم يستطع أن يجد طريقة لجعل الخلايا الجذعية تنمو لأكثر من بضعة مراحل (يعنى عبر مجموعة قليلة من مزارع الاستنبات)[1] استمرت الخلايا فى النمو لكنها لم تكن خلايا جذعية جنينية. لقد اتفقنا على أهمية وضرورة أن نعلم متى تبدأ الخلايا المُسْتَنْبَتة فى فقدان مرونتها (فاعليتها الكلية) كما يكررون ذكرها فى مزرعة الاستنبات. حتى يمكننا فعل ذلك باستخدام طرق كيث للنقل النووى لتعيين إمكانيات الخلايا.

لذا باشرنا أنا وكيث وجيم العمل فى تجارب الاستنساخ من الخلايا المستنبتة التى عبرت العديد والعديد من المراحل، باحثين عن النقطة التى تتلاشى عندها خاصية

---

(١) الاستنبات: زرع البكتيريا أو الأنسجة الحية بغرض الدراسة العلمية أو الأغراض الطبية (المترجمة).

القدرة الشمولية. باستخدام الطريقة القياسية وقتئذٍ وتنبأنا بأننا سوف نحصل على حملان من المزارع المبكرة وليس من المتأخرة وموضِّحين بأنه ثمة تأثيراً قد حدث. النجاح الذى أحرزناه فى بعض تجارب الاستنساخ قاد جيم للاعتقاد بأنه قد وجد الخلايا الجذعية الجنينية المراوغة (لقد أسماها TNT4، وتعنى شاملة القدرة لأجل النقل النووى). اليوم نعرف أنه كان مخطئا. ومع ذلك كان ما لدينا ذاته مثيراً للاهتمام. لقد كانت تلك الخلايا التى بدأت لتوها فى التمايز، وقد اكتشفنا أنه بالإمكان أن نوقفها عند بداية الدورة ، لقد جوّعنا الخلية الواهبة لنرسلها إلى مرحلة الكمون. ببساطة تم ذلك عندما قمنا بإزالة مصدر التغذية لمدة خمسة أيام، فتوقفت الخلية تماماً عند تلك المرحلة المطلوبة.

وباستخدام هذه التقنية، استنسخنا نعاجاً جبلية ويلزية من الخلايا المشتقة من الجنين، والتى تم استنباتها فى المختبر. لقد أنتجنا كلا منها بواسطة استخدام شرارة كهربية لدمج خلية جنينية ببويضة نعجة فارغة. وبهذه الطريقة أنتج كيث وبيل ريتشى ٢٤٤ جنيناً، نما ٣٤ منها إلى الدرجة التى يمكن معها زرعها. ولم يكن هذا كل شىء لأننا افتقرنا إلى المال اللازم لإنتاج المزيد. ثم حبسنا أنفاسنا. لقد أدركنا أنه إذا نجحت هذه التجارب، فذلك يعنى أننا أنتجنا أجنة من خلايا متمايزة بوضوح، وأننا سوف نرتقى بالاستنساخ إلى مستوى جديد.

أنتجنا خمسة مستنسخين أولا. مات منها ثلاثة – اثنان خلال دقائق من الولادة، والثالث خلال عشرة أيام بثقب فى القلب. ولد الناجون بعد بضعة أيام لأمهات بدائل مختلفات فى يونيو ١٩٩٥. لقد أشرنا إليهما مبدئيا بـ 5ll2، و5ll5 حيث تشير الخمسة الأولى إلى ١٩٩٥، و ll العلامة المزرعة، والرقم الثانى هو ترتيب المستنسخ وفقا لتوقيت مولده فى تلك السنة.

لقد غيرت مارجورى ريتشى، المديرة الاسكتلندية لوحدة الحيوان الكبيرة التى نعمل بها، والتى ساعدت على جلبهم للحياة – أسماء تلك النعاج الرائدة. أحبت مارجورى، التى كانت الطبيبة البيطرية لمئات من تجارب نقل الأجنة، العلاقة الحميمية

للنقل النووى التقليدى ("كما وصفتها: كانت أياما سعيدة، ولكنها كانت مليئة بالعمل")، وتزوجت من زميلى بيل جرّاح الخلية. لقد أسمت الوافدين الجدد بأسماء تبدأ بالحرف الأول من اسمها: ميجان كى تُمَجِد النعاج الجبلية التى أمدتنا بجيناتها، وموراج كى تحتفى بالنعاج الأسكتلندية التى تنتمى لسلالة (الوجوه السوداء Blackfaces) السلالة الموجودة محليًا التى أمدتنا بالبويضات. لم نحتفل بمولدهما، منذ أن كانا مجرد اثنين فى سلسلة من حيوانات التجارب، وكما أشارت مارجورى لم نقدّر مدى أهميتهما إلا الآن فقط. لقد تصدرا عناوين الصحف عندما كُشِف عنهما النقاب فى ١٩٩٦، لكن ما أثاراه من جلبة، لم يكن مشابها أبدا للجلبة المفرطة التى صاحبت مجىء دوللى للحياة.

سبق معرفى

كانت ميجان وموراج على أهمية بالغة بالنسبة لى. لقد كانتا أول اكتشافاتنا الجديدة. الخلايا الجنينية التى استخدمت فى إنتاجهما بواسطة النقل النووى تمت مضاعفتها فى مزرعة، حتى بلغت عمر تسعة أيام، وبالتالى أصبحت متمايزة جزئيا، وكانت حاملة للعلامات الجزيئية للتمايز أيضا. هذه الخلايا كانت مأخوذة وبشكل ذى مغزى من أجنة أكثر تقدما فى تطورها عن أكياس الجذعة التى استخدمها ستين ويلادسين فى تجاربه الهامة. وتكمن أهمية التجربة فى أنها أوضحت أنه بتوجيه الاهتمام لتفاصيل دورة الخلية، يمكن للمرء أن يعكس هذا التمايز و"يعيد الشباب" للخلية.

كما لو أكدنا هذا، أصبح كيث مشاركا فى كل مراحل العملية تقريبا. لقد غادر المختبر ليحلق شعر بطن النعاج ويعقمها استعدادًا للعمليات، وساعد فى جمع البويضات والأجنة من الحيوانات الواهبة، حتى أنه كان ينام فى مكتب بجوار النعاج قبيل نهاية فترة حملها، حتى يتسنى له فحصها بانتظام من أجل أولى علامات الوضع.

ذات مرة تعقبته الشرطة المحلية عندما كان ذاهبا للحصول على ساندويتش فى منتصف ليلة من الليالى ("كانوا فقط متململين مثلما كنت تماما"). لقد تشارك هذه المهمة الشاقة أثناء فترة الغسق السرمدى لليالى الصيفية الأسكتلندية مع بيل ريتشى وجون براكين وآخرين قبل الاندفاع للمنزل مودعا أطفاله قبل الذهاب إلى المدرسة. وانتهت الأمور إلى أن كل الحملان ولدت فى الظهيرة.

لقد أثبتت ميجان وموراج أن الاستنساخ من خلية مزروعة، التى يمكن أن تكون قد تمايزت جزئيا أمراً ممكنا. يمكن التفكير فيهما على أنهما يشكلان مستنسخا واحدا عظيما مع تلك الحملان الأخرى التى ولدت حية كنتيجة لهذه العملية، مع الأجنة التى لم تصل إلى نهاية فترة الحمل، والأجنة التى لم تزدرع مطلقا، والخلايا التى استخدمت من أجل النقل النووى. لقد حصلنا أنا وكيث على الحقوق الرسمية الخاصة ببراءة اختراع جميع أوجه هذه التقنية فى أغسطس، أى بعد شهرين من مولدهما. بعدها مباشرة بدأنا باستخدام الخلايا التى حرمناها الغذاء، لقد رأى كيث أن هذه التقنية ربما يكون لها منافع أخرى، بعيداً عن الاقتناع بسهولة وقف تنامى الخلايا. ولهذا لم نخبر أحدا بالأمر، وعندما ولدت الحملان كنا قادرين على تقديم طلب ببراءة اختراع. فى بريطانيا لا يمكن الحصول على هذا الحق بمجرد أن تعلن الفكرة على الملأ. فى الولايات المتحدة، على العكس، هناك فترة عفو تمتد لعام كامل يمكن بعدها التقدم للحصول على براءة الاختراع، حتى ولو كانت الفكرة قد أعلنت مسبقا. لقد مكن هذا روسلين فيما بعد أن تقتصد ملايين الدولارات لإنشاء شركة ودعم أبحاث المعهد. لسبب ما لا نفهمه، يبدو أنه فى مرحلة كمون الخلية يكون من الأسهل أن نغير فى آداء الكروموسومات، إنها عرضة لإعادة البرمجة، لأن ذلك يمثل خطوة لازمة فى طريق تمايز الخلايا. يحمل الـ .د.ن.أ تعليمات للخلية؛ لكن تقوم ميكانيزمات أخرى بتنظيم الطريقة التى يتم بها أداء العمل ، والتى تسمى ميكانيزمات التخلق المتعاقب. وتلك تحدد ما إذا كانت خلية معينة سوف تتخلق إلى عضلة أو مخ أو أمعاء. وينبغى أن يعاد ضبط هذه الخلايا أثناء النقل النووى، ولهذا تكون الكروموسومات قادرة على دعم تطور الجنين.

كانت تلك النتيجة التى وصلنا إليها مهمة للغاية بالنسبة لنا وللباحثين الآخرين، إذ أنه بعد مولد ميجان وموراج، كنا على ثقة بأنه فى يوم من الأيام سيكون من الممكن استنساخ بالغ، وقد بدأنا مباشرة التفكير فى كيفية فعل هذا الأمر. ففى العلم، تكون القدرة على التخطيط بهذه الطريقة مزية هائلة. بمعنى أن قدرتنا على فعل ذلك أوضحت أن نجاحنا اعتمد على فهم عميق لدورة الخلية، وكان الفضل فيه لكيث. إن القدرة على استخدام خلايا أكثر تمايزا من أجل النقل النووى منحتنا العديد من الفرص لإجراء الجراحات الجينية على الخلايا المزروعة قبل الاستنساخ، مما سمح لنا بإنتاج حيوانات معدلة جينيا بشكل أكثر فعالية. كما ألهم المجموعات الأخرى لتستكشف النقل النووى. الخطوة التالية التى من المخطط تحقيقها خلال عامين، لقد تنبأت بالوقت اللازم لها، وهى أن "تصمم" نعجة بإضافة بعض الجينات الجديدة للخلية قبل الاندماج، ضامنين وجود خصائص مرغوب بها مثل القدرة على النمو بسرعة أو إنتاج بروتينات بشرية فى حليب الحيوانات يمكن تنقيتها واستخدامها كعقاقير. كل ما توجب علينا فعله كان إيجاد خلية واحدة معدلة جينيا مأخوذة من خط نمو مختبرى يضم الملايين منها، ثم دمجها فى نواة فارغة غير مخصبة يمكن جلبها من مجزر النعاج.

خبرتنا مع ميجان وموراج أوضحت أيضا أن الاستنساخ التكاثرى محفوف بالمخاطر. لقد كانتا الناجيتان الوحيدتان من بين ٢٤٤ محاولة. لقد تساءلنا إذا ما كنا محظوظين أم لا ؟ إذا ما كانت الفعالية الحقيقية أكثر سوءا أو أفضل كثيرا ؟ وقررنا أن نعيد التجارب لنكتشف هذا. كلا المستنسخين أتيحت له الفرصة فيما بعد للتواعد، رغم أن موراج وحدها من بدت متقبلة للعرض واستمرت فى وضع الحملان. وياللحسرة، فإن موراج نفقت بسبب نفس المرض الرئوى الذى ابتليت به دوللى. ومع ذلك بلغ عمر ميجان عشر سنوات وأكثر. وكتب دافور سولتر افتتاحية صاحبت نشر البحث فى مجلة الطبيعة قال فيها: "إن استنساخ الثدييات من خلية بالغة يعتبر أمرا أكثر مشقة، لكنه لن يكون مستحيلا بعد الآن". لم يتباطأ الإعلام عن ملاحقة واستيعاب

التوابع (ماعدا، بشكل لافت للنظر ومثير للدهشة فى آن، فى الولايات المتحدة). كما قالت الديلى تليجراف البريطانية:" نظريا، لقد أصبح الآن ممكنا استنساخ ذرية بشرية دون إسهام الإنسان."أحد الرموز القيادية فى علم التكاثر فى هذا البلد، اللورد وينستون، بذل الكثير من الجهد ليؤكد على هذا:"أنا لا أعتقد أن ذكر الانسان موجود بكثرة، لكننى أعتقد أنه غير ضرورى."

وبمساعدة زملائنا من شركة PPL الدوائية المجاورة لنا، استنسخنا دوللى فى عام ١٩٩٦، وحررنا ما حلم به شبيمان منذ عقود مضت بشكل لا لبس فيه. إن الشروح المبسطة التى ظهرت فى الصحف لم تعط الكيفية التى حافظنا بها على الفعالية الكاملة للخلايا البالغة والجنين حقها. فلنمعن النظر للحظة فقط فيما كنا نهدف إلى تحقيقه. لقد كنا نحاول فعل ما ظنه معظم الناس مستعصيًا على مجرد التفكير فيه، وهو أن ننتج مولودا حيا دون الحاجة إلى عون الأب. مما يعنى إجراء جراحة معقدة على البويضة التى تبلغ من الصغر حدا لا يمكن معه أن ترى بالعين المجردة فقط إلا بشق الأنفس. سواء كانت البويضات التى ستستخدم لاستنساخ الثدييات تخص حوتا أو فأرا أو نعجة أو إنسانا، فإن قطرها يبلغ حوالى عشر المليمتر أى حوالى واحد لكل مائتين من البوصة. الآن تخيل محاولة تحويل خليتين – البويضة والخلية الأخرى – إلى واحدة. ثم يكون علينا أن نقنع الجنين الناشىء بأن ينقسم بنجاح. وأن نعيد برمجة الخلية بطريقة أو بأخرى حتى لا يتذكر الـ .د.ن.أ الخاص بها أنه كان يوما لخلية بالغة، ولكن يُرسَل إلى مرحلة سابقة فى الزمان الخلوى وهى المرحلة الجنينية.

لقد عملنا على بويضات النعاج باستخدام آلات مدببة بشكل مدهش، ماصة ميكروسكوبية بقطر داخلى مماثل لحجم البويضة نفسها. لقد أزلنا الـ .د.ن.أ من البويضة، جزيئ يبلغ قطره اثنين ونصف على البليون من المتر ثم استبدلناه بالملحقات الجينية المعتادة للخلية، ٢.٣ متر أو أكثر من الـ .د.ن.أ، حوالى ٨ بيكوجرام فى المجمل،

أى واحد على ثمانية من التريليون من الجرام. وبشكل جوهرى فإن تأثير هذه الجراحة سيكون له توابع على المستوى الجزيئى: البويضة محمية بآلاف من البنى المعقدة، مثل الميتوكوندريا التى تمدها بالطاقة الكيميائية، وملايين أخرى من الجزيئات.

لقد وجدنا طريقة استطعنا من خلالها أن نخدع البويضة بشكل مدهش، وذلك بواسطة صدمة كهربية، بأن تظن أنها جنين ينمو، بداخل كل خلية من خلايا الجنين الطبيعى، هناك ميكانيزمات معقدة بصورة طبيعية تضمن بدء عمل أو توقف الجينات فى الوقت المناسب فى المناطق النشطة من النواة، الجزء المتصل بالغشاء فى قلب الخلية، لنخضع الأنسجة، الأعضاء والتراكيب الأخرى. ولكى ننجح علينا أن نجد طريقة لإقناع البويضة لتشغيل الجينات المقدمة لها حديثا والتى عادة ما تكون نشطة فى الجنين، بينما توقف تلك التى تعمل فقط فى الخلايا البالغة، وكل هذا يتم بدون الإخلال بالطريق الحريصة التى تنتظم فيها الجينات وتتحرك والتى تومض وتخفت خلال سنوات من التطور. فلنضع هذا جانبا، فالحواجز تبدو لاتقهر. لقد نجحنا حتى الآن، بسبب اكتشافنا أن تجويع الخلية المانحة كان ضروريا لو أن حركة انتظام الجينات داخل الجنين المعاد بناؤه أُتيحت لها الفرصة لتتطور وتنمو بصورة طبيعية. لقد تدبرنا – وإن كان بشكل منقوص – أمر إعادة برمجة البويضة مع الـ .د.ن.أ بينما كانت حقيقة فى أذهاننا الفكرة الأكثر غموضا حول التفاصيل الجزيئية لمعجزة التنامى. لقد ولد حمل "مستحيل"، وهكذا أتت دوللى إلى العالم.

الفصل الرابع

هوس دوللى

كرات الأسكواش، والصبر اللانهائى، غرفة ضيقة ودفيئة، وخلايا ضرعية من نعجة ماتت منذ أمد، هى فقط بعض مقادير الوصفة اللازمة للحيوان 6113. بمساعدة بويضة، أنابيب اختبار زجاجية أسمك قليلا من شعرة فى رأس الانسان، وقطيع من النعاج، فريق ضخم فى روسلين اشتق كل خلية من خلايا دوللى، بدءًا من أنفها وحتى حوافرها، من خلية ضرع مفردة. وما زلنا لا نفهم الكثير من التفاصيل الجزيئية لعملية الاستنساخ، ولكن بالرغم من وجود هذه الفجوات الضخمة فى معرفتنا، فإن النتائج المترتبة على هذا العمل الفذ بالنسبة للعلم والطب والمجتمع هائلة.

ومن التحريفات التى أُلحِقت بقصة دوللى هو أن وسائل الإعلام بكل الضجيج الذى أحاط به مولدها، والكم الضخم من التقارير الصحفية الذى استُهلك فى التكريس لاحتمالات استنساخ البشر. تعاملت بسطحية، وتحديداً مع كيفية استنساخ دوللى وأسباب قيامنا بهذا الاستنساخ. بدا أن قليلاً من المعلقين فى تمام الاقتناع بأننا لم نخطط للإتيان بدوللى إلى هذا العالم مطلقًا. على الأقل لم يكن ذلك هدفنا الأساسى عندما بدأنا عام ١٩٩٥. لقد كانت بالفعل انعطافة فى بحثنا بخصوص التغيير الجينى لحيوانات فناء المزرعة للإتيان بسلالات جديدة أوفر صحة وأكثر إنتاجية.

عندما بدأنا فى التخطيط لخطواتنا التالية بعد مولد ميجان ومو راج، كان لدينا أفكار عديدة تلوح فى الأفق. هل نستخدم ابتكار كيث كامبل الخاص بإحداث الكمون لنقوم بالاستنساخ من خلايا أكثر تمايزًا من الأجنة أو حتى من البالغين؟ كان لدينا أيضًا اهتمام تجارى واضح بفكرة إضافة الجينات. أرادت شركة علاجات PPL إضافة جينات لخلايا النعاج عند استزراعها ، ربما حتى خلايا من الأجنة من النوع الذى استخدمناه لإنتاج ميجان ومو راج. جدير بالذكر، ووفقًا لما آلت إليه الأمور، فقد توجب على PPL أن تساعد فى إمدادنا بخط إنتاج من خلايا النعاج البالغة المُستزرعة، وهو الأمر الذى كانت تفتقر إليه مجموعتنا من أجل أبحاثها بخصوص كيفية تحفيز النعاج على إنتاج العقاقير فى حليبها. لقد اجتمعنا فى روسلين فى خريف ١٩٩٥ لدراسة الاحتمالات.

كان كيث طويل الشعر، المتخصص فى دورة الخلية ، بجانبى ومعى فى المجموعة التى خططت للمشروع، وجيم الخبير بالخلايا الجذعية فى روسلين. ومن شركة PPL للأدوية كان هناك آلان كولمان Alan Colman مدير أبحاثهم الذى أتم أطروحته للدكتوراة مع جون جردون الرائد الذى فشل فى استنساخ الضفادع البالغة من أنوية الخلايا البالغة. (اعترف آلان فيما بعد بأنه اعترض على عملنا باستخدام الخلايا البالغة إذا وجدت بدائل جنينية، عندما ولدت دوللى، قال جردون نفسه أنه صُدم.) من PPL أيضًا أليكس كايند Alex Kind والذى سيستمر بدمج الاستنساخ مع التغيير الجينى الدقيق، وزوجته أنجليكا شنايك Angelika Schnieke طالبة الدكتوراه ،التى طلعت علينا بفكرة جيدة – مستندة إلى جدليات مقنعة – فى مرحلة حرجة من موسم توالد النعاج، وهى أن نستخدم فى تجاربنا الخلايا الثديية المزروعة التى تم جمعها من نعجة حبلى.

كثيرون فى روسلين اشتركوا فى إبداع دوللى، مثل جرّاحة الخلية كارين مايكوك Karen Mycock وتبلغ من العمر ٢٨ عاما، وكانت بالفعل قد استنسخت أبقارًا لشركة تسمى جرينادا للعلوم الحيوية فى نيوكاسيل. وبيل ريتشى، الرجل الأنيق ذو المشية

العسكرية والذى يحب تسلق المونرو وهى التلال الأسكتلندية التى يبلغ عددها ٢٨٤ تلاً، والتى تمتد إلى ما يقرب من ثلاثة آلاف قدم، والتى كان على رأس قائمة متسلقيها السير هوف مونرو. كانت هناك أيضًا زوجة بيل، مارجورى التى رتبت للجراحة وعملت على النعاج وسط مدد متدفق من المزاح، حافظ على مزاجنا المبتهج وارتياحنا فى مسرح العمليات.

قامت باتريشيا فيرير Patricia Ferrier على مضاعفة الخلايا، وراى أنسيل Ray Ansell، وأنجيلا سكوت Angela Scott. ساعد مايك مالكولم سميث Mike Malcolm-Smith فى الجراحة، بينما حقن دوجلاس ماكجافين Douglas MacGavin وهارى باوران Harry Bowran النعجة. وكان جون براكين John Bracken مربى الماشية الخبير جدا الذى يملك ناصية التصرف القويم يتعامل بأسلوب "صارم ولكن مهذب" ينبغى أن يحذو حذوه كل المتعاملين مع الحيوانات ، هو من اختار لها اسم دوللى بمجرد ولادتها، وبينما كان جون ودوجلاس متكجافين هما واقفان فى الحظيرة، سأله جون،" أنت تعلم ماالاسم الذى ينبغى أن نطلقه عليها، أليس كذلك؟ إن الاسم الوحيد الممكن فى ظل اختيارنا لخلايا التجربة هو "دوللى."

وافقت وزارة الزراعة والمصايد السمكية والغذاء البريطانية (MAFF) على تمويل عملنا على الخلايا الجنينية والبالغة بعد نجاحنا فى استخدام خلايا غير ناضجة بشكل كبير. فى استمارة التقديم لطلب المنحة التى قدمناها بعد مولد ميجان وموراج بشهرين، أعلنت أن تكلفة التجربة لاستنساخ خلايا جنينية وبالغة ستكون بدقة وبشكل لاعقلانى ٥١٩ , ٤٨٤ جنيه استرلينى. أحد الموظفين المدنيين المخدومين لعب دورا هاما عند هذه النقطة فى قصة دوللى. لقد تم تمويل المشروع فقط بسبب مساندة شخصية من جون كايجيل John Caygill عالم النبات الذى يدير مشروعنا فى الـ MAFF. لقد بدأنا بداية رائعة فى خريف ١٩٩٥، ونقلنا أنوية من خلايا جنينية، ومجموعة واحدة من الخلايا المضغية. لكن PPL لم تنتج العديد من الخلايا المضغية المزروعة، كما كان مخططا. ولذلك ، فبحلول وقت مبكر من عام ١٩٩٦ أدركنا أن الوقت قد حان ولدينا

النعاج والمال لننجز كل شيء آخر، فقررنا العمل على الخلايا البالغة، وبهذا بدأنا ذلك الجهد الذي سوف تتوّجه دوللي.

المعالجون اليدويون (المنابلون)[١]

إن الإتيان بدوللي استلزم إجراء جراحة على بويضة أصغر كثيرا من سن إبرة الخياطة. ولإجراء هذه الجراحة الميكروسكوبية، كنا في احتياج إلى أناس بأيدي ثابتة، وتوافق ممتاز ومثابرة وصبر. لقد أعاقني هذا قليلا. على مدار سنوات، ومع ذلك، درب روسلين قلة من المنابلين البارعين ليقوموا بمثل هذا العمل الدقيق. بيل ريتشي وكارين مايكوك، اللذان أجريا جراحة الخلية في مشروع دوللي كانت لديهما خبرة متفردة في قدرتهم على التركيز لساعات محدقين في عدستي المجهر ثنائي العينين لساعات باسترخاء كاف ليعصمهم من ارتكاب الأخطاء.

يستمتع بعض المنابلين بالاستماع إلى الموسيقى أثناء عملهم على الأجنة. أثناء إنهماكه في أطروحته للدكتوراه، كان بدرو أوتيجيو يستمع إلى أغاني ليونارد كوهين الكئيبة في الشوق والقنوط. بيل وكارين يمكنهما العمل جنبا إلى جنب في غرفة ضيقة – دولاب مُكَبَّر – في الطابق الأرضي في روسلين، أحدهما يقوم بجراحة الخلية، بينما يُدمِج الآخر الخلايا لتكوين جنين. "لقد اعتدنا الجلوس والتحدث عن التفاهات أو النميمة لتزجية الوقت." هكذا قالت كارين."كان من الممكن أن نتواجد هناك لساعات، وكان الأمر أشبه بالتواجد في زنزانة معزولة في سجن." ولأننا كنا نعمل في أيام الشتاء قصيرة النهار، " أحيانا لا نتمكن من رؤية ضوء النهار، فإنك تذهب إلى المختبر في الظلام، وتغادره في الظلام."

---

(١) استخدم الدكتور أحمد مستجير في ترجماته المختلفة في هذا الحقل المعرفي مصطلح المنابلة manipulation للتعبير عن عمليات المعالجة الدقيقة باليد أو بالوسائل التقنية (المترجمة).

ويشير الجزء "الدقيق" جدا من جهاز المعالجة الميكروسكوبى الذى استخدمه بيل إلى كيفية تكبير الخلايا التى كان من المفترض دمجها بالاستنساخ بواسطة العدسات وعلم البصريات. المجهر الواقف على رف كان مثبتا على صحيفة معدنية ثقيلة، والتى بدورها قائمة فوق كراتا سكواش لامتصاص أدنى ذبذبة. وبدون طريقة لامتصاص الحركات غير المرغوب فيها، يمكن لجزازة عشب خارج نافذة المختبر، أو إغلاق عنيف للباب المجاور، أو حتى جلبة منبعثة من المذياع أن تجعل جراحته الخلوية تهتز وتتحرك بسرعة وتختل. أما جزء "المنابلة" من الجهاز، فيشير اسمه إلى ذراعيه الاثنتين التى تلوّح كل منهما بماصة هشة تشبه الشعرة، يمكن أن يتم امتصاص الزيت من خلالها برفق، أو تكون منتفخة لتلتقط خلية ما أو لتضعها، على أحد الجانبين توجد ماصة يبلغ قطرها واحد على عشرة من المليمتر وهو تقريبا نفس قطر البويضة التى ستستخدم للإمساك بها. على الجانب الآخر، توجد ماصة أدق حجما من الأولى بكثير، حيث يبلغ قطرها واحد على الألف من المليمتر وتستخدم لإزالة الـ .د.ن.أ وتحريك خلية الواهب.

حرّك بيل الماصتين عن طريق عملية فتل لإثنين من المقابض (النسخ الأحدث تم تعديلها بحيث زُوِّدت بعصى لعب تشبه تلك المستخدمة مع ألعاب الكمبيوتر، وهى أكثر دقة فقط). ولكى تلتقط البويضة، عليك أن تقوم بالشفط بواسطة سرنجة. ولكى تضعها مرة أخرى، تقوم بتحرير الضغط عبر دفع المكبس الخاص بالسرنجة. إن المنابلة الميكروسكوبية أمر دقيق كما يبدو، حيث يتطلب صبرا وشهورا من المران. من الضرورى توافر قدر كبير من التوافق، والعمل تكرارى لأبعد حد – قال بيل إن الأمر يتطلب نفس القدر من التركيز اللازم لقيادة هليوكوبتر. "ثلاث ساعات، وتكون مرهقا."

اصطياد البويضة

من أجل الاستنساخ، تحتاج أولا إلى مصدر للبويضات يمكن الوثوق به - المئات من البويضات، لو أمكن - لأن النقل النووى كثير التأرجح بين الإصابة حينا والخطأ حينا. وبالرغم من أن الإناث تحمل مددا من البويضات طوال حياتها، فإن البويضات ينبغى أن تكون فى المرحلة المناسبة من التطوّر. فى الأمهات، سواء فى النعاج أو البشر، يتم إنضاج البويضات واحدة تلو الأخرى فى دورة هرمونية، مستنفدة بالتدريج إمداداتها. بعد الولادة تحتوى مبايضها على عدة آلاف من البويضات، كل واحدة منها مغلفة بداخل طبقات من الخلايا مكَوِّنة ما يسمى بالجُرَيْب. خلال الأسابيع السابقة على التبويض، يتم إنضاج البويضة والجريب المحيط بها عبر تغييرات فى الهرمونات. فى الأيام التى تسبق التبويض مباشرة، تقوم البويضة بصنع البروتينات، الـ .د.ن.أ والجزيئات الأخرى التى ستكون مهمتها قيادة عملية النمو بعد التلقيح فورا.

نستطيع اليوم أن نأخذ مبيض نعجة من المجزر، ونقوم بإنضاج البويضات التى يحتوى عليها فى المختبر. لكننا فى الأيام الأولى من بحثنا من ١٩٨٥ وحتى ١٩٩٥، توجّب علينا أن نعمل بجد أكبر ونحصل على البويضات الناضجة بواسطة إجراء جراحة على النعجة فى وقت محدد. ولأن النعاج تضع فى الربيع، عندما يكون من الأكثر ترجيحا أن تحيا صغارها، ولأن فترة حملها تقارب الخمسة أشهر، بدأت قصة دوللى فى منتصف الشتاء، عندما جمع تقنيّونا ورعاتنا النعاج بالطرّاد - مهمة باردة - مبللة، موحلة، شاقة، وذات رائحة كريهة. كان لديهم فقط ست ساعات يوميًا من ضوء منتصف الشتاء ليعملوا فيها.

لقد استخدمنا حوالى ستين نعجة متبرعة للحصول على البويضات، منسقين بحرص فيما بين دوراتها الهرمونية. كل نعجة كانت تزود بإسفنجة أولا: يتم تلقيح النعجة بواسطة وضع إسفنجة مشبعة بهرمون البروجيستيرون داخل فتحة مهبلها لمنعها من التبويض. بعد ذلك نقوم بحقن هرمون آخر، هرمون التنشيط المِنْسَلى

الجونادوتروفين مرتين يوميا لمدة أربعة أيام لدفع النعاج لإنتاج عدد من البويضات أكبر من العدد الطبيعى أو ضعفه أو ثلاثة أضعافه. يبقى حقن أخير، من شأنه أن يدفع الحيوان للتبويض فى الوقت المناسب، خلال فسحة من الوقت تقدر بست ساعات، وبالتالى يمكن أن نكون على استعداد لإزالة البويضات.

فى وحدة الحيوان الكبيرة فى مزرعة درايدن القريبة، نظّف اثنان من فريقنا النعاج، حلقا وبرها، وطهرا بطونها الوردية، وخدّروها. على العكس من الماشية التى ينبغى تحريكها بآلة رافعة، يمكن أن ترفع النعاج بالأيدى إلى طاولة العمليات لخفة وزنها بدون الحاجة للمساعدة الميكانيكية. بدأ اثنان آخران من أعضاء الفريق عملهما بغسيل البويضات بالسوائل الدافقة، أحدهما يجرى الجراحة، والآخر يساعده بتمرير الآلات له وهكذا. يقوم عضو خامس بالبحث عن البويضات والتقاطها من السوائل المُعقّمة التى تم ضخها خلال مجرى التناسل فى النعجة، آملين فى الحصول على البويضات. لقد استمتعت بالصداقة الحميمة التى ربطت أعضاء الفريق والتى امتدت عبر يومين أو ثلاثة أسبوعيا لمدة عدة أسابيع. فلا تعجبنى البيروقراطية. تطلّب الأمر الكثير من أوراق العمل للحصول على التمويلات من وكالات عديدة مختلفة، تقارير عن مشروعات ماضوية وأخرى فى الطريق، ونيل رضا الحكومة البريطانية فيما يخص معاملة النعاج برفق.

توجّب على بيل وكارين أن يستخدما البويضات بالضبط فى المرحلة المناسبة من النمو ، لكى يتاح للنقل النووى أفضل فرص النجاح. عندما تنضج بويضة داخل جسم النعجة، ينبغى لها أن تخضع لانقسام ميوزى[1]، وهو شكل غريب من أشكال انقسام الخلية يقوم بالإبقاء على المحتوى الحيوى (كعملية مسك دفاتر الحسابات فى شركة)

(١) الانقسام الميوزى: الذى تختزل فيه الكروموسومات إلى نصف العدد عند تكوين الخلايا الجنسية (المراجع).

عندما يتعلق الأمر بعدد الكروموسومات التى تحتوى عليها البويضة (والحيوان المنوى). لقد جمعنا البويضات عندما كانت النعاج فى حالة جنسية تجعلها جاهزة للتناسل، عندما علمنا أن البويضات قد قطعت بعضًا من الطريق إلى الانقسام الميوزى (إن التفاصيل أكثر تعقيداً مما يدرك الكثيرون، والقراء الملولون الجزوعون؟ ربما يقفزون إلى القسم التالى من الكتاب.)

الغالبية العظمى من خلايا الجسم فى النعجة تصرّ الـ .د.ن.أ الخاص بها فى سبعة وعشرين زوجا من الكروموسومات (لدينا ثلاثة وعشرين زوجا فى خلايانا) وتسمى الخلايا مزدوجة الكروموسومات، وهى تتضاعف بواسطة عملية أخرى من عمليات انقسام الخلايا تعرف بالانقسام الميوزى. ولكن من أجل أن تندمج بويضة بحيوان منوى للحصول على كائن حى جديد ينبغى على كل منهما أن يُنَصِّف ذلك العدد الذى يحتويه من الكروموسومات لخلق الحصة المعتادة من الكروموسومات فى الذرية. تبدأ بويضات النعجة والحيوان المنوى فى التحرك، بادئة بعدد طبيعى من الكروموسومات ثم بعد ذلك، وبواسطة الانقسام الميوزى تتخلصان من نصف هذا العدد، وبالتالى يتبقى فى كل منهما سبعة وعشرون كروموسوما، وتصبح ما يعرف بالخلايا أحادية الكروموسومات.

يمكن النظر إلى الانقسام الميوزى على أنه تنويعة على تيمة الانقسام الطبيعى للخلية (الميتوزى). انقسامان خلويان ميوزيان لخلية جرثومية مزدوجة الكروموسومات تصنع أربعة من الحيوانات المنوية أحادية الكروموسومات. لكن الانقسام الميوزى مختلف فى البويضات: تُطْرَد نصف الكروموسومات إلى ما يسمى بالجسم القطبى –، خلية صغيرة جدا تفتقر إلى السيتوبلازم الكافى لجعلها تعمل. وبالتالى فإنه بينما ينتج انقسام الخلية الميتوزى اثنتين من الخلايا الحية، ينتج الانقسام الميوزى فى البويضات واحدة فقط. تتعقد الأمور ويقسّم العلماء الانقسام الميوزى إلى مراحل عدة. هناك نوعان من انقسام الخلية الانقسام الميوزى I، والانقسام الميوزى II التى تعمل على انتخاب الكروموسومات وينقسم كل منهما إلى أطوار لاحقة تقوم فيها الكروموسومات

يلعب أدوارها داخل البـويضـة ، وهى الطور الأول، المرحلة الانتـقـاليـة، الطور الانفصالى[١] أو طور التباعد، والطور النهائى.

لقد اكتشفنا أن هناك مرحلة واحدة من الانقسام الميوزى تعمل بصورة أفضل من غيرها فيما يتعلق بالاستنساخ: الطور الانتقالى الثانى، أى قبل أن تنفصل النواة عن المبيض مباشرة. وفى هذه المرحلة، وبدلا من كونها مفككة فى النواة كما هى الحال عند قراءة التعليمات الموجودة عليها، يصطف الـ .د.ن.أ الخاص بالبويضة بطريقة ملائمة فى كروموسومات قصيرة تحتشد فى بنية خلوية تسمى المغزل، مستعدة للطور التالى من انقسام الخلية، عندما تنفصل بعض الكروموسومات مكونة الجسم القطبى الثانى بعدما يقوم الحيوان المنوى بالاختراق.

بمجرد أن تجمع البويضات الثمينة فى وحدة الحيوان الكبرى، تؤخذ مرة أخرى إلى معهد روسلين، لكى تبدأ عملية الاستنساخ جديًا. لقد وضعت البويضات فى أنابيب اختبار قياسية صغيرة مصنوعة من البلاستيك ومزوّدة بغطاء تسمى الإيبيندورف. يدسّ بيل الإيبيندورف فى جيب قميصه، وكارين التى ليس لديها جيب تدسّ مجمع البويضات تحت شريط حمالة صدرها لتحفظه دافئا قائلة: "أنت لا تريدها أن ترتجف من البرد".

كسر البويضات

لقد تطلّب الإتيان بدوللى فريق عمل يمتلك صرامة عسكرية أثناء أيام الشتاء الباردة تلك. لقد حُقِنت النعاج بسلسلة من عمليات الحقن لكى ندفعها لإنتاج العديد من البويضات وللتحكم فى التوقيت. بشكل نموذجى قمنا بإعطائها الحقن الأخير يوم

(١) أحد أطوار الانقسام الفتيلى أو غير المباشر أو الميوزى لنواة الخليّة، عندما تتباعد أنصاف الكروموسومات أو الكروموسومات بعضها عن بعض ويتّجه كل نصف نحو أحد قطبىّ الخليّة. (المترجمة)

الاثنين على أن تسترد البويضات صباح الثلاثاء. وفى الظهيرة يقوم بيل وكارين بالعمل عليها. وقد توجب علينا أيضا أن نزيل ثمرة عمل الأسابيع الماضية – الأجنة المستنسخة – من النعاج التى أدت دور المستقبلات المؤقتة، لكى تسمح للأجنة بالنمو. إن دورات العمل المرتبطة فيما بينها بحلقات والمتعلقة بالنعاج فى روسلين ذكرتنى بطريقة ما بالكرمة التى تلتف حول نفسها دائرة حول أحد أعمدة الكنيسة الصغيرة بجوار روسلين. بالنسبة للمسيحيين هى شجرة الحياة. بالنسبة للاسكندنافيين هى شجرة المعرفة، الإجدراسيلة(١) التى ضحى أودين(٢) عليها بنفسه لكى يحوز أسرار الخلق.

يتذكر بيل كيف أتينا بدوللى للوجود خلال الأسابيع القليلة الأخيرة من الموسم، وكيف كان الأمر ينطوى على الاحتمالية السيئة بألا تأتى للدنيا من الأساس: "كان هناك كلام حول إنتاجها فى الموسم التالى." كارين تسترجع ذلك اليوم الذى أُبدعت فيه دوللى قائلة:"كان يوما مضجرا حقا" لأنه لم تكن هناك العديد من البويضات للعمل عليها. من أجل هذا الفعل الإبداعى الصغير يتوجب على البويضات أن تظل مواتية، الأمر الذى يعنى التحكم بدقة فى البيئة المحيطة بها. تم الإبقاء على الغرفة الضيقة التى عمل فيها الفريق دافئة. حُفِظَت البويضات، مثل الخلايا التى استخدمت للتبرع بالـ د.ن.أ الخاص بها من أجل إعادة بناء الجنين، فى وسط زراعى أُعِدَّ خصيصا لها لكى يشابه ذلك التوازن الكيميائى الموجود فى جسم النعجة. يحوى هذا الوسط نموذجيا على الأملاح، مصادر للطاقة مثل السكر، البروتينات، والأحماض الأمينية. لقد أضفنا المضادات الحيوية أيضا لتمنع البكتيريا من الاستيطان فى المُعالج اليدوى مُدَمِّرَةً كل شىء. لقد استخدمنا فاصلا كيميائيا للحفاظ على الوسط قلوياً قليلا، تماما

(١) شجرة دردار تزعم الأساطير الاسكنديناقيّة أن جذورها وأغصانها تصل ما بين الأرض والجنة والجحيم. (المترجمة).

(٢) ربّ الأرباب فى الميثولوجيا الجرمانيّة. (المترجمة)

كالجسم (عند رقم هيدروجينى يقارب الـ ٧,٤، مماثلا لما فى أحواض السباحة). قام بيل بوضع هذا الوسط فى حجرة خاصة على شريحة ميكروسكوبية. وتم إحكام غلق الغرفة بواسطة مِزْلَقٍ من الزيت المعدنى لمنع السوائل من التبخّر. وقد مُرِّرَت الماصات خلال الزيت لإجراء الجراحة الخلوية.

وبمجرد أن أتم وضع البويضات فى المُعامل الميكروسكوبى، أمكن البدء جديًا فى عملية النقل النووى. لقد توجّب على بيل أن يخترق الغشاء الواقى، المنطقة الشفافة، لكى ينزع نواة البويضة (يزيل محتواها من الـ .د.ن.أ). هذا الغشاء بلورى صاف، كما يوحى اسمه، رغم أنه ليس سهل الكسر كبيضة الدجاجة. لقد صممت الطبيعة هذه المنطقة كبوابة يمكن اختراقها بواسطة حيوان منوى واحد ليس إلا. هذه المنطقة لها طبقة خارجية تسمح للحيوان المنوى بالالتصاق بها، وتُنْجَز عملية الاختراق بواسطة حركات دافعة من الذيل جنبًا إلى جنب مع مزيج من الانزيمات المذيبة للمنطقة الشفافة الموجودة فى رأس الحيوان المنوى.

تتنوع درجة مرونة وصلابة المنطقة الشفافة من نوع لآخر، مما يوجد اختلافات كبيرة فى عملية النقل النووى. وفى حالة دوللى، اخترقنا المنطقة الشفافة باستخدام ماصات ذوات أطراف مستدقة وحادة. أحيانا ما استخدمنا الوخز التدريجى باستغلال خاصية التأثير الكهربى الضغطى، الذى بواسطته يمكن إرغام بلورات معينة على التحرك أو الانحراف عندما يوجه عليها جهد[1] كهربى لإحداث حركات بالغة الضآلة من أجل تحريك الماصات. وتم تطوير هذه الطريقة فى هاواى من قبل مختبر رايوزو يانجيماتشى لثقب المنطقة الشفافة لبويضة الفأر التى هى بشكل استثنائى مرنة وصعبة الاختراق مقارنة ببويضة النعجة؛ لقد جربناها لنرى ما إذا كان من الممكن أن تمنحنا أية مزايا من عدمه.

(١) الجهد هو القوة المحركة الكهربائيّة مَقيسةً بالفولتات. (المترجمة).

بمجرد أن اخترق بيل المنطقة الشفافة وأصبح داخلها، توجّب عليه أن يجد ويزيل الـ .د.ن.أ من البويضة، والذى كان ملتفا حول نفسه فى الكروموسومات. فى هذه المرحلة من نضج البويضة تتجمع الكروموسومات بالقرب من سطح الخلية. حتى بالرغم من أن الكروموسومات نفسها لا يمكن أن تُرى، فإن بيل يمكنه أن يقدم جزءا من فكرة حول مكان وجودها لأنها مصطفة معا فى المِغْزَل (التركيب الذى يساعد على فصل الكروموسومات خلال انقسام الخلية). ومع ذلك ظلّت أبعد ما تكون عن الوضوح. فالنعاج مثل حيوانات المزرعة الأخرى لها بويضات رمادية داكنة مترعة بقطيرات دهنية أعتمت رؤية بيل.

فى هذا الضباب الدهنى توجب على بيل أن يمارس اصطياد المغزل. إحدى الطرق كانت الاحتيال عن طريق تبنى استراتيجية ماكرة طُوِّرت فى أواسط الثمانينيات من قبل ستين فيلادسين: تشريح البويضة إلى نصفين برفق. ولأن الـ .د.ن.أ موجود فى كتلة صغيرة ، فإن الأمر ينتهى به بعد قسم البويضة لنصفين إلى التواجد فى أحدهما. من غير المثير للدهشة أن هذا الحل المتطرف يقتطع من حجم الجنين المعاد بناؤه من جديد ومن سيتوبلازمه الثمين الذى يساعد عملية الاستنساخ من مبدئها وحتى النهاية، وبالتالى يقلل من فرصة حدوث الحمل. على أن هنالك طريقة أخرى تمثلت فى ممارسة لعبة المغزل ظهرت بعد سابقتها بسنوات. استخدم يوكيو تشيونودا من جامعة كينكى صبغات خاصة ترتبط مع الـ .د.ن.أ وتتوهج زرقاء مخضرّة فى الضوء فوق البنفسجى. إذا ما تمت حضانة البويضات مع واحدة من هذه الصبغات قبل تعريضها للضوء فوق البنفسجى، فإنه من الممكن رؤية الكروموسومات بوضوح، حتى عندما تكون مستترة داخل البويضات القاتمة لحيوانات المزرعة. مرة أخرى ومع ذلك، كمنت هنا صعوبة مخبوءة، فالضوء فوق البنفسجى يدمر البويضات ويجعلها أقل حيوية تماما بنفس الطريقة التى تجعد وتكسر بها بشرة عباد الشمس.

فى ذلك الوقت، تقدم لورانس سميث مالك روسلين بالطريقة التى مازلنا نستخدمها حتى الآن لكى نجد الكروموسومات. لقد اكتشف أنه يمكنه أن يحدد

موضعها بالبحث عن بقع صغيرة رائقة فى السيتوبلازم المعتم. ولأن الـ .د.ن.أ متكتل فى المغزل، فإن الضباب الدهنى المحيط ينقشع قليلا فى هذه البقعة المفردة. وقد نجحت هذه الطريقة فى سبعين بالمائة من الحالات. ولكى يتأكد من إزالتها، قام بيل باستخدام تقنية تشيونودا لتمييز الـ .د.ن.أ وبعدها مسح محتويات الماصة التى استخدمها لشفط كروموسومات البويضة: فلو أنها توهجت تحت الضوء فوق البنفسجى، فإننا بهذا نكون قد نجحنا فى إزالة الـ .د.ن.أ الذى قمنا بتمييزه. وبهذه الطريقة، تجنبنا إزعاج الأجهزة الخلوية فى البويضة بطبخها على نار الضوء فوق البنفسجى (علاوة على ذلك طوّر جان - بول رينار وزملاؤه فى فرنسا أسلوبا آخر استخدموا فيه كاميرا متناهية الحساسية مثبتة فى الميكروسكوب الخاص بهم وبذلك تمكنوا من إطلاق ضوء فوق بنفسجى بلغت درجة ضعفه مستوىً منخفضا إلى الحد الذى لا يسبب أى تلف يذكر.)

مع الخبرة والصبر وباستخدام طريقة لورانس، تمكن معالج يدوى محنك مثل بيل ريتشى من إزالة الـ .د.ن.أ ما يقرب من المائة بويضة خلال فترة تقدر بساعتين، طالما كانت البويضات ذات نوعية جيدة، أى ذات حد خارجى ناعم، والسيتوبلازم معتم بطريقة متناسقة، وخالية من أية كتل من الخلايا الدبقة، وهى الخلايا التى تغذى البويضات خلال عملية تطورها. (مقاييس الجودة النوعية هذه بالطبع غير موضوعية فى جزء منها، وهى واحدة من أمثلة عدة على وجود القوى السحرية فى النقل النووى.) ومع ذلك فإن بيل لم يُزِلْ كل محتويات البويضة بشكل حاسم: تبقى السيتوبلازم الشبيه بالجيلى والذى يحتوى على كافة الأجهزة الكيميائية المهمة لعملية برمجة أى د.ن.أ مُدْخل حديثا. الآن ينبغى علينا الحصول على ذلك الـ .د.ن.أ وبالتالى يمكننا إعادة برمجة البويضة الفارغة.

واهبة الضرع

لقد قطعنا حتى الآن منتصف الطريق إلى عملية النقل النووى. يمكن اعتبار النواة المفرغة مشغّل اسطوانات مدمجة وقد أزيلت منه الأسطوانة. ولجعل البويضة تعزف لحنا جينيا جديدا، احتاج بيل لما يكافىء أسطوانة أخرى: مجموعة جديدة من الكروموسومات. فى حالة دوللى تم الحصول عليها من خلية فى الغدة الثديية لنعجة بالغة. لهذا السبب أسميناها على اسم دوللى بارتون التى وُهِبَت شهرة عظيمة. لم يكن أحدنا حينئذ ليفكر فى عُدَّة من الغدد الثديية أعظم تأثيرا. قال وكيل المغنية دوللى بارتون فيما بعد مازحا إنها قد تشرّفت بهذا التقدير،"لا شىء يضاهى الدعاية التى يصنعها ثغاء نعجة." لقد كان اسمها هدية لكتاب العناوين الرئيسية فى الصحف:"اسم النعجة المستنسخة يعيد الأثداء للأذهان" غمزت إحداها. تعليق آخر صاحَب الإعلان عن دوللى فى الدوريات العلمية كان "طريقة الضرع لإنتاج الحملان".

فى الأصل تم الحصول على الخلايا الثديية أثناء التعاون بين PPL وكولين وايلد من معهد هانا لأبحاث الألبان فى آير اسكتلندا لدراسة إفراز اللبن. عندما أزيل النسيج بواسطة الجراحة، كانت النعجة الفنلندية من سلالة الدورسيت والتى تبلغ ست سنوات من العمر قد قطعت بعضا من الطريق فيما يخص حملها، وكانت تحت تأثير مخدر كلىّ. بعدها بسنوات، وبعد موتها بفترة طويلة، ظلّت خلاياها فى متناول أيدينا بشكل يناسب تجاربنا الاستنساخية. لهذا السبب عندما ولدت دوللى لم يكن الحيوان المتبرّع الأصلى موجودا حتى يمككنا مقارنتها به، وبالتأمل فيما مضى كان من النافع أن نصبح قادرين على فعل ذلك. لقد كنا متحمّسين لأن نُسْأَل حول مصير أخت دوللى المتطابقة معها/ أمها الجينية.

لقد استخدم النسيج الثديى لدوللى فى أبحاث تتعلق بزيادة إدرار اللبن. تمثلت إحدى الأفكار فى دراسة الخلايا الثديية المعدلة المُنمّاة فى المختبر واختيار تلك اللاتى صُنعت فيها كمية أكبر من البروتين – التى اعتُقِدَ أنها أكثر عملية، ثم يستنسخ منها

حيوان أفضل – الفكرة التى بدت متعذرة التنفيذ وقتها. وانقلب الأمر، فنجح الجزء غير الممكن من هذا المشروع، بينما لم ينجح الجزء المعقول ظاهريا.

لقد نميّنا خلايا الضرع المتبرعة فى وسط مزرعة احتوت على مصل الدم المأخوذ من أجنة عجول، الذى اختير لسبب بسيط، وهو أنه قد نجح. بهذه الطريقة انتهى بنا الأمر بعدد كبير من الخلايا التى تطابقت مع خلايا المتبرعة. لم نستخدمها كلها من أجل النقل النووى: ولكن أمكن تجميد بعضها وتخزينه، تقريبا وبشكل غير محدد، فى النيتروجين السائل درجة برودته تقدر بسالب ١٩٦ درجة سيليزية كى تظل متاحة لأولئك الباحثين المفتقرين لوفرة من الخلايا، وهى أرخص من البيرة. وبهذه الطريقة نستطيع إنتاج حيوانات مستنسخة بعد الحصول على الخلايا بسنوات، وبعد أن يموت الحيوان المتبرع بكثير. نستطيع اليوم صنع دوللى أخرى باستخدام نفس تلك المجموعات من الخلايا، بالرغم من أنها لن تتمكن أبدا من ملء الفراغ الكبير الذى تركته أختها الكبرى المتطابقة معها، ولن نسمح لأنفسنا بفعل هذا ما لم يكن لدينا سبب علمى وجيه.

إن خلية متبرع سليمة تعزّز من نجاح الفرصة المتاحة لإجراءات الاستنساخ. بالنسبة لدوللى أجرينا فحصا طبيا واحدا بسيطا: قمنا بعد الكرموسومات فى الخلية. هذا أحد أسباب زرعنا للخلايا فى مزرعة من أجل النقل النووى، فبينما كانت تنمو فى المختبر، نستطيع من وقت لآخر أن نحصى الكروموسومات فى عينة من مائة خلية. إذا ما وجدنا نسبة كبيرة من الخلايا المحتوية على عدد شاذ من الكروموسومات، فإننا نقوم بالتخلص من المجموعة كلها. كان أمرا جوهريا لإنجاح محاولتنا لاستنساخ دوللى أن نُعِدّ الخلايا المتبرعة قبل النقل النووىّ. وقد عنى هذا أن نستخدم الخلايا وهى فى المرحلة المناسبة من دورتها الخلوية.

توجد ميكانيزمات (آليات) دقيقة لم تُفهم كلية بعد خلال كل دورة خلوية، والتى من شأنها أن تؤثر على ضمان أنه خلال كل فترة من فترات نمو الخلية لاتُنسَخ المعلومات الجينية فى الخلايا فقط بل تنسخ مرة واحدة فقط وبمنتهى الدقة، وبالتالى

يمكن أن ينجح انقسام الخلية. بهذه الطريقة تحتوى خلايا الذرية بالضبط على نفس الـ .د.ن.أ الموجود فى الخلايا الأبوية. كما ذُكِر من قبل فإن كيث كامبل كان أول من ركز على أهمية أن تكون الدورة الخلوية للخلية المتبرعة متوافقة مع الدورة الخلوية للبويضة المستقبلة فى عملية النقل النووى. فى الواقع، يجب أن تتك هذه الساعات الخلوية معا فى ذات الوقت. عادة ما نُحدِث هذا التوافق باستخدام خلايا فى بداية الدورة، لكن هذا من الصعب الترتيب له فى الخلايا الجنينية. كانت للخلايا التى نمّاها جيم ماكواير من الجنين ميزة التوقف عند البداية.

لقد حرمنا الخلايا الثديية من مصل الدم لخمسة أيام، فتوقفت عن النمو والانقسام ودخلت فى حالة تعرف بالكمون أو GO تم ربط هذه الحالة بشكل مثير للتساؤل بالتماين، وهى العملية التى تتطور فيها الخلايا الجنينية نشوئيا إلى خلايا متخصصة كخلية بشرة، أو خلية عضلة، أو أى نوع آخر. فى الواقع يمنح هذا الخلية متنفسا وبالتالى تعاد برمجة الـ .د.ن.أ مما يسمح بتغيير مصير الخلية. ويمكن النظر أيضا إلى حالة GO باعتبارها شكلا من أشكال البيات الشتوى الذى يحدث ببطء ونعومة: بينما يتوقف المحرك الكهربى على سبيل المثال ببساطة بنقرة أصبع على زر التشغيل، فإن الخلية المحرومة من الغذاء تتوقف عن العمل بطريقة تدريجية ومنظمة. ولن تنسخ الخلايا معلوماتها الجينية، وتصبح أقل نشاطا. يعتقد العلماء بأن هذا يحدث نتيجة لترتيب الأنوية داخل الخلايا الكامنة بشكل معين يجعلها أكثر استجابة للنقل النووى عما إذا كانت فى أى مرحلة أخرى من مراحل دورة نمو الخلية وانقسامها.

السبب وراء إهمال حالة الـ GO فى المحاولات السابقة هو أن الخلايا المأخوذة من الأجنة المبكرة لن تدخل إلى هذه المرحلة طواعية. وبالفعل لو أنك جوّعت خلايا من أجنة مبكرة، فإنها لن تكمن – ستموت. ولأن الـ GO شكل من أشكال البيات الشتوى، فقد كان من الأسهل أن تُعلّق خلايا أكثر تطورا عند هذه المرحلة عن توقيفها عند كمائن خلوية أخرى. (تمكنا من استخدام أخرى، G1، لكن الـ G1 منحتنا فسحة

من الوقت تدوم بين نصف ساعة إلى ساعة، ولكى نستخدم هذا الكمين الخلوى سيتطلب الأمر عدة فرق تعمل بطريقة مخططة بحرص للتنسيق فيما بين عناصر النقل النووى كافة.) لقد كنا مستعدين للتقدّم.

الالتحام

حتى الآن لدينا الواهبة النووية والبويضة المفرغة ، مشغل الأسطوانات والأسطوانة، إذا شئت. لوضع الأسطوانة فى الشق الخاص بها فى مشغل الأسطوانات وإعادة بناء الجنين من أجل الاستنساخ، ينبغى إيلاج الـ د.ن.أ الخاص بهذه الخلايا المُجَوَّعة إلى داخل بويضتنا المفرّغة. هناك تفصيلة لم تفشل قط فى لفت انتباه الصحفيين، وهى أننا استخدمْنا صدمة كهربية للتعجيل بالبدء فى عملية التنامى. بافتراض كيفية حدوث هذا فى شهور الشتاء، لقد كان هناك ذلك الصدى المحتوم للحظة إبداع فرانكينشتين. ("لقد كانت ليلة كئيبة من ليالى نوفمبر عندما كنت أتأمل حصاد كدحى. بقلق بلغ تقريبا حد الكرب، جمعت أدوات الحياة حولى، فلربما استطعت نفخ ومضة من الكينونة فى هذا الشىء عديم الحياة الذى يرقد عند قدمىّ.

عاين بيل ريتشى الخلايا الثديية أولا، وانتقى عينة بالغة الصغر، حيث كان من الأكثر ترجيحا أنها قد تم تجويعها، وبهذا تكون بالقرب من بداية دورتها الخلوية. لقد فحص السطح الطبيعى للخلية، أى بدون هالة تحيط به – علامة غير موضوعية أخرى على سلامة صحتها – ثم أخذ الماصة الصغيرة التى استخدمها لتفريغ النواة ليلتقط ويمرر الخلية الواهبة خلال المنطقة الشفافة، عادة خلال نفس الفتحة التى استخدمت أثناء نزع النواة. إن الخلية المتبرعة، مثل معظم الخلايا فى الجسم، أصغر بكثير من البويضة وأمكنها أن تمر عبر الماصة الضيقة. لقد أرسى بيل الخلية الواهبة بجوار البويضة منزوعة النواة داخل المنطقة، والتى كانت مطوية فى غشائها الداخلى الخاص

بها (مثل محتويات بيضة دجاجة تحت القشرة). ولأنه كان لديه من عشر إلى عشرين بويضة فى كل تجويف فى المغالج الميكروسكوبى، أعاد هذه الخطوة من عشر مرات إلى عشرين مرة قبل أخذها جملة، لميكروسكوب ثان لدمج جميع محتوياتها معا، وبالتالى يمكن للبويضة الآن أن "تشغل الأسطوانة الجديدة".

تم إجراء الالتحام بواسطة كارين مايكوك. حدث هذا فى طبق زجاجى خاص يبلغ قطره بضعة سنتيمترات وعمقه سنتيمتر واحد. هذا العمل الفذ من الممازجة الخلوية تم إنجازه على قاعدة صحن، حيث تمت تغرية سلكين كهربيين، أحدهما على بعد واحد على خمسة من الملليمتر من الآخر. لقد غسلنا السلكين فى محلول خاص من السكر والملح، مثل البويضات المعاد بناؤها، وبالتالي نتج تلامس كهربى جيد. شحنت كارين الخلايا أولا بجهد عنيف من تيار متغير، منتجة شحنة مختلفة على الخليتين تجعلهما يقتربان من بعضهما البعض حتى التلامس. بعد التيار المتناوب، أتى التيار المباشر. لقد مررت نبضات من التيار الكهربى عبر الخليتين للبدء فى العملية التى سيندمجان على إثرها. هذا أكثر صعوبة مما يبدو. لقد اكتشفت الفرق الأخرى، عبر التجربة والخطأ، أنه لنجاح الاندماج ينبغى أن يكون المجال الكهربى عموديا على الخط الواصل بين مركزى الخليتين، حيث النقطة التى يتلامس عندها غشاآ الخليتين. وعندما يتم توجيهه بشكل صحيح، فإن المجال الكهربى للتيار المباشر يحدث ثقوبا فى غشاءى الخليتين مُمَكِّنًا محتوياتهما من التمازج.

تخدع هذا البويضة المعاد بناؤها لتفكر فى أنه قد تم غزوها من قِبَلِ حيوان منوى، وهى العملية التى تسمى بالتنشيط وترتبط بانطلاق الكالسيوم. وفى الحقيقة، دوللى وأنت وأنا أيضا تم التعبير عنا بومضة من الكالسيوم. بعد الإخصاب يمكن للمرء أن يستبين نبضات من تركيزات عالية للكالسيوم كل بضعة دقائق وتستمر لعدة ساعات. يطلق الكالسيوم سلسلة من التفاعلات الكيميائية فى كل مكان من البويضة المخصبة مما يسمح للجنين بالتكون، ويقوم برفض اقتراب أى حيوان منوى آخر عن

طريق التغيير فى خواص المنطقة الشفافة جاعلا إياها أكثر صلابة، وبالتالى يمكنها - داخل الجسم - أن تقاوم تقدم أى حيوان منوى آخر.

إن انفجار الكالسيوم فى كل مكان من الجزء الداخلى الاسفنجى من البويضة يساعد الحيوان المنوى الناجح أيضًا فى التغلب على مشكلة لوجيستية. إن البويضة أكبر من الحيوان المنوى بعدة آلاف من المرات، لكن البويضة كلها يجب أن تخضع للتنشيط عند التخصيب. فى غياب الحيوان المنوى، توجد طرق عدة لفعل هذا ، وكلها تشابه التأثيرات التى تحدثها نبضات الكالسيوم بصورة ما أو بأخرى. للإتيان بدوللى، استخدمت كارين صدمة كهربية لإثارة إطلاق كل ذلك الكالسيوم المهم المحتجز فى المخازن الخلوية، والبدء فى انقسام الخلية.

بعد التنشيط، وضعت كارين البويضة المعاد بناؤها فيما يوازى حجرة الرعاية المركزة، وسط مزرعة، حيث يمكن أن يحدث الشفاء. عندما تقوم محتويات البويضة منزوعة النواة والخلية الواهبة بإصلاح الثقوب، تندمج الخليتان فى واحدة. وكما رصدت كارين، استطاعت أن ترى الاندماج يحدث تدريجيا . حتى بعد نصف ساعة، يمكن رؤية الخلية المتبرعة الأصغر ما تزال تحتضن البويضة. بعد ساعة أو أكثر تكون الخلية المتبرعة ومحتواها من الـ .د.ن.أ قد ابتلعت بواسطة البويضة ولم يعد حدها الخارجى مرئيا، تماما مثل كريتين من الزئبق اندمجا فى واحدة. كانت دوللى واحدة من بين السبعين بالمائة من المحاولات التى اندمجت فيها الخلايا بنجاح. (يوجد الآن تقنية بديلة لإيلاج نواة الخلية الواهبة تشفط الخلية الواهبة باتجاه طرف الماصة التى يكون قطرها أصغر حتى تنفجر الخلية. تُقْحَم المحتويات فى الماصّة ثم بعد ذلك تحقن مباشرة بداخل البويضة.) يمزح كارين وبيل قائلين بأنهما فى الواقع أم دوللى وأبوها. قالت كارين، "لقد كنت الأب، وهو كان الأم".

لقد توقعنا أنه خلال أيام معدودات من إعادة بناء خلية الجنين المفردة، بأنها ستنقسم عدة مرات لإنتاج أول اثنتين، ثم أربع، ثمانى، وستة عشر خلية. كانت دوللى

واحدة من ٥٠ بالمائة من الأجنة التى بدا وكأنها تنمو بشكل طبيعى، فى وقت كان فيه كل شىء على مايرام (أحيانا لا ينمو أى جنين). فى مرحلة الست عشرة خلية، والتى تبلغها خلية الجنين بعد أربعة أيام، تكون الخلايا مستقلة ولكنها لا تزال متحدة معا فى كتلة كروية بواسطة المنطقة الشفافة. تلتصق أغشية الخلايا على الجانب الخارجى من الكتلة الكروية، كل غشاء مع الآخر، وتبدأ فى ضبط عملية تقدم الجزيئات نحو الخلايا فى الوسط. عند هذه المرحلة يسمى الجنين بالتوتية[١]، ونبدأ فى رؤية بداية ما يفرّق حقيقة بين الثدييات والبكتيريا ، القدرة على تقسيم مهام البقاء على قيد الحياة بين أعضاء مجتمع الخلية المتعاونين والمتوافقين فيما بينهم تماما.

تبدأ السوائل فى التجمّع بداخل التوتية لتكوين تجويف مملوء بالسوائل. عندئذٍ يكون الجنين كرة جوفاء من الخلايا تعرف بكيس الجرثومة. يوجد ما بين خمسين إلى مائتى خلية فى الجنين عند هذه المرحلة اعتمادا على جودتها، وأحيانا فى التجارب التمهيدية نصبغ الأجنة لنحصى الخلايا ونجرى أولى المقارنات بين المعالجات المختلفة. هذه هى المرحلة التى يتمكن فيها الجنين من غرس نفسه بداخل جدار الرحم فى بعض الأنواع الحية كالبشر والفئران. ومع ذلك فإن القدرة على تنمية الأجنة المعاد بناؤها حتى هذه المرحلة فى المختبر هى ضمانة مطلقة على أن الذرية قادمة. فى تجاربهما على الفئران، اكتشف تيرو واكاياما وزملاؤه فى جامعة هاواى أن التفاوت فى التوقيت بين النقل النووى والتنشيط يحدث اختلافا طفيفا فى نسبة الأجنة التى تنمو حتى مرحلة كيس الجرثومة؛ لكن هذا حدث فقط مع تلك التى شهدت تأخرا مؤكدا عندما كانوا يخططون لاستنساخ صغار الفئران. كما هى الحال دوما، فإن التفاصيل المتعلقة بكيفية النجاح تختلف من نوع لآخر.

---

(١) التُّوتِيّة: كتلة الخلايا الكروية الناشئة عن انقسام البُوَيْضة. (المترجمة)

زرع الأجنة

مازلنا نتلمّس طريقنا إلى تلك التفاصيل الهامة التى قادتنا إلى إبداع دوللى. لقد واجهنا مشكلة كبرى فى تنمية الأجنة حتى مرحلة كيس الجرثومة، وهى النقطة التى تصبح عندها ناضجة بما يكفى للزرع فى الرحم: لا توجد فعلا طريقة فعالة للإبقاء على حياة أجنة النعاج المستنسخة لمدة طويلة بشكل كاف فى المختبر. إن الوسط الذى يغذى أجنة النوع الأكثر دراسة وهو الفئران لم ينجح مع النعاج. فالعمل الشاق من أجل إيجاد الوصفة الفضلى لم ينجز بعد (على النقيض قامت فرق قادها روبين تيرفيت، جيرمى تومسون، وسيمون ووكر بحل هذه المشكلة الآن). إذا ما حاولنا زرع الأجنة قبل أن تنمو لمرحلة كيس الجرثومة، فإنها سوف تدمر، لأن عملية نزع النواة والنقل النووى يتركانها مثقوبة فى دروعها الواقية أى مناطقها الشفافة. فى مرحلة كيس الجرثومة تتغير خلايا الجنين بواسطة طريقة غير معلومة، وبالتالى لا يتم تدمير الأجنة.

وكما هى الحال دوما، تحوّلنا للطبيعة كى نستثمر تقنية حاذقة أخرى، مهد لها الطريق ذلك الدانماركى المبدع ستين فيلادسين، ومن أجلها، احتجنا إلى مجموعة ثانية من الأمهات البديلة. ولحماية الأجنة المعاد بناؤها من التدمير، صَنْدَقْنَاهَا فى صدفة من الآجار. لقد ربطنا قناة البويضات (المكافئة لقناة فالوب فى النساء) فى نعجة أخرى ووضعنا الأجنة المصندقة هناك، حيث يمكنها النمو لمدة ستة أيام حتى مرحلة كيس الجرثومة. نهضنا بأعباء هذا الجزء من العملية فى يوم الأربعاء من أسبوع روتينى.

فى الثلاثاء الذى يليه، وعندما أوشك الجنين على التخلص من صدفته المؤقتة، توجّب على بيل ريتشى أن يستعيد الأجنة ويزيل غطاء الآجار من عليها - واحد من أصعب الأجزاء فى هذه العملية - فبمجرد أن يقشّر عنها غطاءها الواقى، سيستطيع بيل إعادة زرع كيس الجرثومة فى نعجة ثانية. يجب أن تكون هذه النعجة مستقبلة

للجنين أيضا: منذ نصف قرن مضى اكتُشِف للمرة الأولى أنه إذا نقلت جنينا من حيوان إلى آخر، فإن الحيوانين يجب أن يكونا فى نفس المرحلة من دورتهما التناسلية كى يحيا الجنين المنقول. ثمة حوار كيميائى بين كيس الجرثومة والأم، وهذا الحوار يجب ألا تتم مقاطعته. فقد قامت زوجة بيل مارجورى، والنعجة مخدرة، بالقطع أمام الضرع بالضبط لتعرية مبايض النعجة. وللتأكد من أن النعجة كانت عند المرحلة المناسبة من دورتها، فحصتها لترى ما إذا كانت النعجة تبوّض من مبيضيها الاثنين أو من مبيض واحد. لقد حاولنا التوفيق بين عدد الأيام التى قضاها الجنين المستنسخ لينمو فى المختبر مع عدد الأيام التى انقضت منذ أن كانت النعجة المستقبلة فى الحالة الجنسية التى تجعلها على استعداد للتكاثر، ثم نتوقف ليوم أو اثنين آخذين فى اعتبارنا حقيقة أن الأجنة المعاد بناؤها لاتنجح فى النمو بنفس نشاط الأجنة الأصلية (مازال هناك المزيد من الأدلة على أن الاستنساخ ينطوى على تأثيرات ضارة بالصحة). فى لغة الاستنساخ، يجب أن تكون البويضة والرحم على "تزامن". أوضحت دراسة فى الستينيات قام بها بوب مور وتيم راوسون فى كامبريدج أن كيس الجرثومة تتاح له أفضل الفرص للنمو حتى نهاية الحمل إذا تم نقله إلى نعجة مستقبلة كانت فى حالة الاستعداد الجنسية قبل التناسل مباشرة بستة أو سبعة أيام، وكأنها حملت كيس الجرثومة لنفس هذه الفترة من الوقت. ثم بعد هذا يتزامنان.

تميل الأجنة للنمو بنجاح أكبر فى ذلك الجزء من الرحم الذى يلى المبيض مباشرة، حيث يحدث التبويض ربما بسبب الهرمونات العاملة محليا فى هذا المكان، والتى تمهد الطريق إلى الحمل. بعد أن يُدفع الجنين إلى أسفل مجرى التناسل بواسطة الوريقات المتماوجة الدقيقة (الأهداب) بثلاثة أو أربعة أيام، يصل الجنين بشكل طبيعى لقرن الرحم. ولأن الجنين يبلغ عمره أقل من ستة أيام، فإن البقعة التى تمنحه أفضل فرصة للبقاء كانت طرف القرن. أولا قمنا بتمرير إبرة عبر جدار الرحم. ومن خلال نفس الفتحة قمنا بإيلاج ماصة زجاجية حاملةً الجنين داخل كمية صغيرة من الوسط، وحقنت فى البقعة المرغوبة. إذا سار كل شىء على ما يرام، فإنه بحلول اليوم الخامس عشر يكون الجنين المنقول قد بدأ فى الالتصاق بجدار رحم النعجة،

ومغروسا كلية بحلول الأسبوع الخامس. كل ما استطعنا فعله حينئذٍ هو أن ننتظر ونراقب النعاج.

فى انتظار دوللى

رصد زميلى جون براكين، الرجل ذو الصوت الهادىء والذى شهد مولد دزينة أو أكثر من المستنسخات، حالات الحمل بالتعاون مع دوجلاس ماكجافين. كلاهما أمضى حياته فى رعاية الحيوانات، وبخاصة النعاج، وعرفا وفهما كل تفصيلة تتعلق بالعناية بها. أما فيما يخص مشروع دوللى، كانت الامكانات المحدودة للسونار آنذاك لا تسمح بفحص النعجة إلا بعد مرور شهرين من بداية الحمل. بدلا من ذلك، كان عليهما اتباع الطرق تقليدية الطراز ليكتشفا مبدئيا ما إذا كانت الجراحة والكدح الذى تم فى المختبر قد أثمرا. ما فعلاه كان إغواء الأمهات البديلة بكباش العشار بعد آخر حالة شبق جنسية لها بستة عشر أو سبعة عشر يوما: إذا فشلت الأجنة فى النمو فإن الحالة الجنسية ستعاود النعجة. بعد مرور شهرين تمكنا من وضع مسبار السونار على بطون الامهات البديلة، النعاج البلاك فيس (سوداء الوجه)، وقد كان جهازا يشبه إلى حد بعيد ذلك المستخدم لفحص الحمل فى النساء. عندئذ تكون المشيمة قد نمت، وامتلأ رحم النعجة البديلة بالسوائل والتى يمكن أن ترى فيما بعد كلطع داكنة على شاشة الماسح.

فى الشريحة الأولى من التجارب، استخدمنا خلايا من جنين يبلغ من العمر تسعة أيام (نفس النوعية التى استخدمناها لإنتاج ميجان وموراج)، خلايا بشرة متمايزة من جنين يبلغ عمره ستة وعشرين يوما، وبالطبع، تلك الخلايا الضرعية المجمّدة. أوضحت صور السونار الأولى عند عمر ثمانية أسابيع أن ثلث النعاج فقط قد كوّنت أجنة، مما أضاف إلى دهشتنا وسرورنا، ومع ذلك أن نعجة كانت حاملا فى مستنسخ من خلية بالغة. كشف السونار عن جنين طبيعى بشكل ظاهر. سجلت كارين

مايكوك الصورة على شريط فيديو بفخر الأم، وشعرت برجفة الحدس بأن هذه التجربة مفترضة الاستحالة يمكن أن تتمخض عن حمل.

كان يوم ٢٠ من مارس ١٩٩٦ هو اليوم الذى بدأنا نفكر فيه بجدية لأول مرة فى المستنسخات من الخلايا البالغة. صرنا أنا وكيث كامبل فى حالة مزاجية عصبية خاصة عندما استمرّ حمل النعاج فى الإخفاق ماعدا ذلك الذى لا ينبغى أن يخفق: دوللى. لقد تقاسمنا خليطا من الإثارة والقلق، لأننا أدركنا أننا سنكون قد تجاوزنا مرحلة هامة فى الطريق إذا ما عاش الحمل. لقد علمنا من خبرتنا السابقة بأن العديد من الأجنة تموت، فى مرحلة متأخرة من الحمل أحيانا أو حتى عند ولادتها. وبينما كان القلق يتملكنا على دوللى الجنين، كان أستاذ جامعة برينستون لى سيلفر يؤلف كتابا رائجا يشرح فيه بصبر لماذا كان الاستنساخ من البالغين مستحيلا بمنطق علم الأحياء.

فى شهر مايو ذاك وبمرور ١١٠ أيام على حدوث الحمل، وجدت أربعة أجنة هالكة، كل الأجنة المستنسخة من بين الـ ٢٩ جنينا التى أنتجناها من ٢٧٧ خلية ضرعية، استمر جنين واحد فى النمو بقوة داخل أمه البديلة النعجة الاسكتلنديه البلاك فيس. كنا نفحص حالتها باستمرار. فى كل مرة يستخدم جون براكين السونار عليها، كان يستغرق فى العادة بضعة ثوانٍ للحصول على الصورة كاملة فى المشهد. فى العادة يمكنك أن ترى الرأس، الأرجل، الأضلاع فى البداية، سيكون هناك أيضا بعض الحركة. الأعظم أهمية فى كل هذا هو رؤية القلب ينبض. عندها شعرنا جميعا بإحساس رائع بالراحة والرضا.

وللتأكيد على أننا قرضنا أظافرنا حتى ماتحتها من جلد، استغرق الحمل فى دوللى، مثل غيرها من الحيوانات المستنسخة، وقتا أطول من الطبيعى. فى معظم السلالات البريطانية من النعاج تستغرق فترة الحمل فى المعدل ١٤٧ يوما. التجربة تخبرنا الآن بأن ذلك الحمل أحيانا ما يمتد إلى ١٥٥ يوما بالنسبة للحيوانات المستنسخة. وهى غالبا ما تموت إذا ما تجاوزت فترة الحمل الـ ١٥٣ يوما. إن توليد

نعجة تحمل مستنسخا هو أيضا عمل بطيء وبليد، كما نعلم الآن أيضا أنها الحال مع الأنواع الحية الأخرى. قبل الولادة مباشرة غالبا ما ستترك النعجة الحبلى طبيعيا بقية القطيع وتصنع عشاً من الكلأ أو تنثره معا لتصنع تجويفا فى ركن هادىء من الحقل، فعلٌ لاإرادى قديم لخلق دفاع ضد الحيوانات الضارية. لأسباب لا نفهمها، كان حدوث التعشيش أقل ترجيحا فى حالة الجنين المستنسخ. ويستمر الانتظار.

مولد دوللى : ثغاء أكثر الضجيج

لقد فعلنا كل ما فى مقدورنا لنبقى النعاج والمستنسخات آمنة، ووضعنا الحيوانات تحت ملاحظة على مدار الساعة. لقد وددنا لو أننا تركنا الطبيعة لتأخذ مجراها؛ ولكنه لو امتدت فترة الحمل إلى ما يجاوز الـ ١٥٣ يوما فإننا سنستحث الولادة عن طريق الحقن بنفس الهرمونات التى يطلقها الجنين بصورة طبيعية فى إشارة منه على استعداده للعالم الخارجى. لقد شهدت الحظيرة المعنية برعاية النعاج أثناء الوضع إثارة عظيمة وارتياحا، ولأنها شهدت أيضا وبصورة أكثر تكرارية موتا وتشوها. لكنها لم تكن الحال فى ٥ يوليو ١٩٩٦ ولد حمل سليم فى ذلك اليوم، حمل أصبح محور حديث المعوزين والرؤساء.

لقد أخرجت دوللى للعالم رأسها وأرجلها الأربعة أولا فى سقيفة بمزرعة روسلين فى وقت متأخر من الظهيرة. وصولها كان أمرا خافتا. كان وزنها ٦,٥ كيلوجراما، من المدهش بالنسبة لحمل ولكن ليس بالنسبة لمستنسخ. نحن نعلم الآن أن الحيوانات المستنسخة بواسطة النقل النووى غالبا ما تكون أكبر حجما. كان فى استقبالها طبيب بيطرى محلى وعدد قليل من أعضاء الفريق فى روسلين. جون براكين كان مسئولا.

---

(١) كما صار أيضاً أول مدير لليونسكو (المراجع).

حتى أنا الذى أدعى أبو دوللى النعجة، كنت أبا "دقة قديمة" ولم أكن موجودا وقت ولادتها. سبب وصولها المتوقع قدرا ضخما من الإثارة بين أعضاء الفريق، وأعطيت تعليمات بأن أولئك الذين يتوجب عليهم التواجد فقط هم من ينبغى حضورهم. فى موعد ولادتها كنت أحفر فى حديقة الخضروات الموجودة فى الأرض المحيطة بالمعهد. شيء واحد لم تحتاجه أمها هو الإجهاد الذى قد يصيبها من جراء حضور حشد كبير من الناس.

بيل ريتشى وكارين مايكوك اهتزا طربا لفكرة أن معالجتهما الخلوية البارعة قد أتت ثمارها. بيل كان واحداً من بين القلة الذين تواجدوا أثناء مولدها. حيث قال "لقد كانت واحدة من الحيوانات القليلة التى شهدت مولدها،"، واسترجع كيف مارس "القليل من التقافز لأعلى وإلى أسفل" عندما ظهرت دوللى. ولكن ومع قيامه بإنجاز أولى حيواناته المستنسخة قبلها بثلاث سنوات، ومع الأخذ فى الاعتبار بأن ميجان وموراج ربما كانا على نفس القدر من الأهمية، اعترف بيل بأن الأمر بدا وكأنه هبوط مفاجيء. كانت كارين فى زفاف جبلى لإحدى صديقاتها فى بلوكتون فى تلك الجمعة الخطيرة. آنجيلا سكوت وعدت بأن تخبرها، لأنهم علموا بأن الولادة وشيكة. عندما عادت كارين إلى غرفتها فى فندق كرايجينداروخ لتغير قبعتها، وجدت فاكساً من آنجيلا يقول، "لقد ولدت، ولها وجه أبيض وسيقان مكسوّة بالفراء." كما تذكرت كارين فيما بعد "السماء وحدها تعلم فيما ظنت موظفة الاستقبال عندما دسّت الفاكس أسفل باب حجرتنا".

رسالة آنجيلا كانت تعنى أن الحمل كان مختلفا عن أمه البديلة البلاك فيس. كان بإمكانهم أن يستبعدوا أية أفكار تتعلق بالخلط – لقد صنعوا مستنسخا من خلية بالغة. وبالرغم من أن دوللى لم تكن قد سميت آنذاك، فقد علمت كارين بأن هذا الحمل سيتصدر العناوين الرئيسية:"اختلت برشاقة فى فانتازيا النور، وشعرت بالحماسة وكنت فى حالة نشوة مطلقة." وأثناء مناسبة اجتماعية فى ساحة القرية فى تلك الليلة، قامت كارين بابتياع المشروبات للجميع. صرخت،"لقد صرت والدا". "اعتقد أن الأهالى

سيتذكرون الـ"عالمة المجنونة" التى ادّعت بأنها أبو نعجة، ثم عبّت أكثر من قدح من شراب التيكيلا بالليمون، واستمرت فى الرقص طوال الليل."بعدها بشهور، بعثت كارين نسخة من الورقة البحثية الخاصة بدوللى إلى العروسين، وبالتالى تمكنا من أن يدركا على ما كانت كل تلك الجلبة.

أما كيث، الذى كان شريكا بالغ القوة فى عملية إبداعها فلم يكن موجودا عند ولادة دوللى أيضا. كان مع شريكته آنج يقضيان العطلة فى الخيمة فى ديفون والتى قد قاما بإجراء الحجز لها منذ عدة شهور مضت. بعدما هاتفنا، كما كان يفعل كل يوم، وعرف الأخبار، فتح زجاجة من النبيذ معها ليحتفلا سويا.

لم أوزع السيجار أو أذهب إلى احتفالية شرب فى الحانة المحلية. لم يلتقط أحد الصور. وحتى زوجتى لا تتذكرنى عائداً إلى المنزل ومؤدياً حركات بهلوانية ابتهاجية. لم يُطْلَ روسلين باللون الأحمر. كان إبداع دوللى مطوّلا للغاية، صعبا جدا، ونوعا شاقا من العمل جعلنا منهكين إلى الحد الذى لم نستطع معه أن نصرخ "وجدتها!" اشتريت زجاجة من الشامبانيا من أجل هذا الحدث، لكن بدا من الخطأ أن أنزع سدادتها بدون كيث. فى النهاية، قام آلان كوللان من PPL بدعوة الفريق كله لأمسية صيفية فيما بعد عندما كان الجميع متواجدين.

كانت لدينا أسباب أخرى منعتنا من أن نزعق بحناجرنا من فوق أسطح البيوت بأمر دوللى. ذلك لأننا كنا ننوى تقديم العمل للنشر فى مجلة نيتشر. لقد اضطررنا لأن نبقى أمر مولدها سرا لعدة أشهر. كانت سياسة الدورية تقتضى رفض الدراسات لو تم الإعلان عن النتائج قبل النشر. لقد قدّم المخطوط فى ٢٢ من نوفمبر، وبعد تنقيح طفيف تمت إجازته فى يناير، وكان جاهزا للنشر بالقرب من نهاية فبراير.

ضجة

لقد استطعنا رؤية العاصفة الإعلامية قادمة، ولكننا لم نكن على استعداد لمجابهة قوتها. لقد قمنا باتخاذ الإجراءات لإنشاء شركة علاقات عامة، دى فاكتو فى

باسينجستوك للإعداد للمُسْبَقَات الصحفية والمواد الأخرى، قمت بالمران على حوارات صحفية مع رون جيمس المتخصص في الكيمياء الحيوية والذى يدير PPL، رجل يتمتع بأناقة لا تشوبها شائبة بعينين زرقاوين نافذتين، وشعر ولحية بيضاوين، لقد جرّبنا كل شيء بداية من لطمة عنيفة في الأنف بواسطة الميكروفون، وحتى الفخاخ المصنوعة في المحادثات المطولة مع الكتاب في بحثهم عن ملاك جديد ("إذن قُمْتَ باستنساخ دوللي في واقع الأمر لأنك رغبتَ في استنساخ نفسِكَ حينها؟").

كجزء من العملية الطبيعية للإعداد للنشر، أخبرتْ مجلة نيتشر (الطبيعة) المعلقين يوم الجمعة ٢١ من فبراير عام ١٩٩٧ بأنه من المقرر نشر الورقة البحثية في عدد الثلاثاء ٢٧ فبراير، مما أطلق سيلا منهمرا من المكالمات المسبقة. هذه الممارسة المتمثلة في منح معلومات محظورة تتيح للصحفيين التحرّى عن الموضوع، وإجراء مقابلات عميقة، وبالتالي الوصول إلى المعلومات كاملة قبل نشرها. في ذلك الوقت كانت الأوبزرفر - تمّ النشر في أحد أيام الآحاد - قد وضعت يديها بالفعل على القصة ونشرتها يوم ٢٣، وقد عاونها في جزء منها منتج تليفزيوني كنا قد أخبرناه كل شيء بخصوص دوللي، لأنه كان من المفترض أن يذاع فيلمه بعد مولدها. احتوت قصة الصفحة الأولى، والتي كتبها روبين ماكاي، هذه الكلمات:"إنها إمكانية استنساخ البشر وخلق جيوش من الطغاة هي التي ستستحوذ على كل انتباه".

ليس لدى أدنى شك في أن الجوع إلى سبق صحفي جعل أمر إعلان النتيجة صعبا بالنسبة لنا. لقد كنا مجرد جزء من الطريق إخبار هؤلاء الناس الذين ربما سئلوا التعليق حول ما أنجزناه: المتخصصون الآخرون في علم الأحياء، وعلم الأخلاق، ورجال الدين - النقاد الذين اتجه الإعلام نحوهم للاسترشاد والتعليق. لقد كانوا، بلا شك، مثلنا، غارقين في المكالمات الهاتفية التي تطالبهم بوجهات نظر حول شيء لم يكونوا ليعرفوا عنه شيئا قبل صبيحة ذاك الأحد. لقد سبب لنا النشر المتعجّل مصاعب داخل روسلين أيضا. كنا قد خططنا لإخبار جميع العاملين قبل نهاية الحظر، لكنهم كانوا قد سمعوا بما كان يحدث في معهدهم من التليفزيون، والراديو، والصحف. كانت

إحدى أولى مهامنا فى صباح الإثنين هى أن نجمعهم ونطمئنهم بأنه ليست لدينا أية نية لاستنساخ البشر، ولكن لدينا تطبيقات هامة أخرى فى أذهاننا. لقد اعتذرنا أيضا عن تسرب الأخبار، وأخبرناهم بما كنا قد خططنا له.

لقد اكتشفنا أنه بالرغم من عملنا الشاق، فإنه ما من شىء جعلنا مستعدين للآلاف من المكالمات الهاتفية وذلك العدد الضخم من المقابلات التى تلتها. كانت هناك بيانات رسمية من النوعية الجيدة والعظيمة. كان هناك قلق كبير. ولكن وبشكل مطمئن، كان هناك قليل من العداء الصريح أو الازدراء. وبمجرد أن أصبح واضحا أن القصة قد أشيعت مبكرا، ذهبت إلى المعهد مع هارى جريفين مساعد المدير الملتحى الدمث والأكثر احتراما لنتلقى المكالمات من وسائل الإعلام. توجّه رون جيمس الذى كان يقضى عطلة نهاية الأسبوع فى جنوب إنجلترا إلى مكاتب دى فاكتو فى باسينجستوك.

كان بمقدورنا رؤية كل الصحفيين على سطح الكوكب يستيقظون بمجرد أن تلتف الكرة الأرضية حول محور دورانها. هاتفنا المراسلون من أوروبا أولا، ثم من الساحل الشرقى لأمريكا ثم من الساحل الغربى، وذلك قبل أن تقتنص الحشود فى أستراليا ونيوزيلاندا فرصتها. عدنا إلى منازلنا مستنزفين ومرهقين. مئات من الرسائل الإليكترونية بدأت تصل. فى اليوم التالى حوصر روسلين بأطقم التصوير التليفزيونى البريطانى والأمريكى. عربات الستالايت فى مرأب السيارات تبث مواد إعلامية حية للبرامج الإخبارية الصباحية على الجانب الآخر من الأطلنطى. تدفقت الدعوات للمؤتمرات، جولات لإلقاء المحاضرات، كتب، وأفلام. بل وحتى من أجل دوللى لتظهر شخصيا فى أحد برامج التوك شو[1] الأمريكية.

---

(١) التوك شو هى برامج الثرثرة أو البرامج الحوارية التى يقوم فيها مقدم البرنامج التليفزيونى أو الإذاعى بطرح موضوع ما ليناقش بعدها من قبل الجمهور. (المترجمة)

عُقِدَت المؤتمرات الصحفية التى خططنا لانعقادها يوم الأربعاء فى روسلين فى صبيحة الثلاثاء ، جاذبةً الحشود بالرغم من أن القصة كانت "قديمة"بالفعل وأذيعت على الملأ قبلها بيومين. القصة لها سيقان - كما قال المراسلون الصحفيون - أربع سيقان فى هذه الحالة. تواءمت دوللى جيدا مع أربعة أطقم لتصوير الفيديو وعشرين مصورا فوتوغرافيا، كما لو أنها كانت تقوم بصناعة المواد الإعلامية طوال عمرها القصير. لقد تم التقاط العديد من الصور لى معها على امتداد السنين. بعض ساكنى المدن بدوا وكأنهم لا يفهمون أنه لا يمكنك أن تأمر النعجة بأن تقف فى مكان محدد حيث تُسلّط عليها الأضواء، ولذلك بدأنا باستخدام الطعام لتشجيعها على الذهاب إلى مكان محدد. لقد كانت حيوانا اجتماعيا، حتى بالنسبة لمقاييس النعاج. لقد بدأنا نصاب بالضجر من جراء الأسئلة المتواصلة عن استنساخ البشر. كانت الأسئلة تتكرر بآلاف الطرق المختلفة، والعديد العديد من المرات، حتى خلال المؤتمر الصحفى الواحد، لكن إجابتنا كانت واحدة: لقد ظننا أنه غير آمن، لم نصادق عليه، لم نكن مهتمين به. لقد أصبحنا ضجرين بنفس الدرجة من نكات الاستنساخ: كان هناك الكثير من اللعب على مقتبس من قصيدة لوليام بليك، "أيها الحمل الصغير، من سوّاك؟" لماذا تسألون. ضرع عظيم، طبعا.

فى اليوم التالى، حضر مصورون من التايم، والنيوزويك، والساينتيفيك أمريكان. فى عرض صحفى للصدمة والرعب قدم إلينا ثلاثى من المراسلين الصحفيين فى النيويورك تايمز طائرين من موسكو وألمانيا ونيويورك. لقد كنت مندهشا من أن أجد نفسى فى سن الثانية والخمسين شخصا مشهورا. لقد وصفتنى النيويورك تايمز فى جزء من فصل بعنوان "الرجل فى بؤرة الأخبار" هكذا:" هوايته هى التمشية بين جبال اسكتلندا، يسترخى مع "كأس من الويسكى السكتلندى الجيد"، ويستمتع بهدوء قريته بالقرب من إدنبره والتى هى "صغيرة جدا بحيث لا تستطيع أن تجدها فى أطلس الخرائط"."

طوال الوقت، كان المزيد من أطقم التصوير التليفزيونية تتوافد، وعادة بدون أن نعلم بها مسبقا. بعدها بعدة أسابيع، عرضت شركة بيبسى - كولا علىّ وزوجتى رحلة مدفوعة الأجر فى طائرة خاصة إلى حفل مع نجوم آخرين فى أوتيل دو بارى فى مونت كارلو. لقد قبلنا وانضمّ إلينا هارى جريفين وزوجته. لقد عرض علىّ أيضا الظهور فى إعلان تجارى لصالح شركة مياه معدنية أوروبية، ورفضت. خرجت شركة آلات ناسخة بإعلان صفيق مفاده،"شيء رائع! لقد كنا ننتج نسخا مثالية لسنوات."

لقد تحملت سكرتيرتى جاكى يانج، وسكرتيرة هارى فرانسيس فيم وطأة المكالمات التليفونية التى انهمرت مثل انهيار جليدى فى الأيام التالية لمولد دوللى. كانتا محاصرتين بالدعوات والتساؤلات، ومحطات الراديو عبر الكوكب، لقد اضطررنا لإعداد ناطقين إضافيين باسمنا. عبّر الفاتيكان والجماعات الدينية الأخرى عن مخاوفهم بخصوص استنساخ البشر. طلب الرئيس كلينتون من مُفَوَّضِيَّتِهِ لشئون أخلاقيات علوم الحياة(١) والتى ترأَّسها هارولد شابيرو رئيس جامعة برينسيتون للتعليق خلال تسعين يوما على تضمينات بحثنا العلمى. دوللى، قال الرئيس: "تثير تساؤلات أخلاقية خطيرة وخاصة فيما يتعلق بالاستخدام المحتمل لهذه التقنية فى استنساخ الأجنة البشرية"، ودعا إلى تعليق مؤقت لعملية الاستنساخ على مستوى العالم.

لقد حمل تصريحه أصداء عظيمة للجدل الذى استُقْبِلَتْ به ولادة الهندسة الوراثية عندما دعا العلماء فى ١٩٧٥ فى أسيلمور بكاليفورنيا، جديًا إلى وقف نشاط التقنية الجديدة لمدة خمس سنوات حتى يتم استيعابها علميا وتقنينها. لقد كانوا مهتمين، ضمن أشياء أخرى، باحتمالية أن تقوم التقنيات الجديدة من اقتران للجينات بالتراكب وعمليات إعادة الاتحاد الجينى عابرة الأجناس بتحويل الميكروبات غير الضارة إلى

(١) هى مجموعة المبادئ الأخلاقية التى تؤثر على البحث العلمى فى مجالىْ الطب وعلم الأحياء. (المترجمة)

كائنات ممرضة خبيثة. بول بيرج الحائز على جائزة نوبل والذى اقترح تعليق النشاط لخص الأمر كالآتى: "عندما لا تدرك ما ينطوى عليه بحثك العلمى من تضمينات بأمانة، مـالذى يُفْتَرَضُ عليك فعله؟ هل الاستمرار فى فعله فقط؟ لا ينبغى عليك أن تتوقف وتسأل نفسك عن كُنه مخاطره حقيقة."

وحتى اليوم، مازلت أحاول استخلاص مخاطر الاستنساخ. ولكن من ناحية أنه ينبغى علىّ أن أظل صارما. أثناء تلك الأيام التى كانت فيها دوللى خبرا عالميا، وقعت الرهبة فى نفسى من التماسات الأسر الثكالى المستفهمة حول ما إذا كنا نستطيع استنساخ أحبائهم المفقودين. لى ابنتان وولد، وأعلم أن كابوس أى والد هو فقده لولده، وبالتالى سأفكر مليا فى أى شىء ربما من المحتمل أن يعيدهم إلىّ لو حدث هذا لى. لكنى لم يكن لدى وليس لدى النفوذ للمساعدة. الاستنساخ لا يحل مشكلة فقد الأحبة. حتى لو قمت باستنساخ توأم من الطفل المفقود، فإنه سيكون شخصا مختلفا، ويصبح هذا قاسيا بالنسبة للطفل و الأبوين. لهذا السبب، ولعدة أسباب أخرى، رحّبت بأى توجّه نحو حظر استنساخ الأطفال.

المرتابون فى دوللى

كانت النتيجة الطبيعية للذهول الذى استُقْبِلَ به خبر مولد دوللى هى الشكوكية والارتياب. وقد عبّرت عن هذا بعض الرموز البارزة. لا أستطيع منع نفسى من الشعور بأنها قد دُعِمَت جزئيا بحقيقة أن دوللى قد استنسخت بواسطة مختبر اسكتلندا مغمور بدلا من أحد مراكز القوى الأمريكية فى علوم جينات الحيوان (كما سيحدث مرة أخرى عندما استنسخت أولى الأجنة البشرية فى كوريا الشمالية). ثم مرة أخرى، ربما انتابنى نفس الشعور إذا ما جاء منجز هائل فى مجال تخصصى من خارج من أعرفهم من نظرائى.

لقد كانت النعجة الواهبة حاملا فى الوقت الذى أُخِذَ فيه نسيجها الثديى، وقد أثار هذا سؤالا لدى نورتون زيندر وهو عالم متميز متخصص بعلم الأحياء المجهرية فى جامعة روكفيللر فى نيويورك. تساءل مع فيتوريو سجاراميلا من جامعة كالابريا فى إيطاليا عما إذا كان محتملا أن تكون دوللى قد نتجت من خلية جنينية كانت سارية فى جسم النعجة الواهبة وليس من خلية ثديية بالغة على الإطلاق. لقد استشعرت النيويورك تايمز ما انطوى عليه الأمر من استفزاز وفضيحة. لقد أثار زيندر نقطة هامة حقا. نقطة لم يسبق لنا وأن فكرنا فيها على الإطلاق. ورغم ذلك قامت PPL باختبار الخلايا الجنينية السارية لترى ما إذا كان الحمْل سينتج حيوانا محوّرا جينيا حقيقةً. فشلت فى إيجاد أية خلايا مما رجّح أن سيناريو زيندر كان بعيد الاحتمال. وأن خلايا الدورسيت الفنلندية المأخوذة من معهد هانا لأبحاث الألبان كانت المواد التمهيدية الوحيدة التى تمت عملية الاستيلاد منها فى كل المختبرات التى شاركت فى إبداع دوللى. ورغم ذلك، لا تقل مطلقا قط.

لقد كنا محظوظين: هاتف أحدهم من معهد هانا آلان كولمان ليخبره بأنه مازال لديهم بعض النسيج الثديى الذى استخدم فى إنتاج دوللى. شغل زملائى أنفسهم باختبارات بصمة الـ د.ن.أ ليؤكدّوا على أن دوللى كانت النعجة التى قلنا بأصلها. طالب نقّادنا بدورهم بمعرفة مبرر عدم الاحتياج لهذه الاختبارات قبل النشر فى دورية نيتشر العلمية ذات المكانة الرفيعة. كان العلماء فى مجال تخصصى فى علم الأجنة أقل تشككًا من المختصين فى البيولوجيا الجزيئية الذين هيمنوا على المُشكّكين، وروّجوا لهذه الشكوك فى مقالة بالنيويورك تايمز.

لقد أيدّنا منشأ دوللى. قدمت إيستر سيجنر من جامعة ليسيستر مخططات مستقلة من الـ "د.ن.أ" تؤكد أن دوللى كانت مستنسخة من نعجة واهبة تبلغ من العمر ستة أعوام. قالت سيجنر التى عملت مع مخترع بصمة الـ. د.ن.أ سير أليك جيفرين: لقد أثبتت النتائج متجاوزةً الشكوك المنطقية بأن دوللى اشتقت بالفعل من خلية من النسيج الثديى أخذت من نعجة واهبة بالغة".

كانت هناك مشكلة أخرى. فى البداية، فقد كانت دوللى "مستنسخًا وحيدًا". أزعجتنا النيويورك تايمز فى الذكرى السنوية الأولى لإعلان النبأ بأنه ما من أحد خطط لتكرار هذا العمل الفذ فى الحقيقة. مثل هذا الجدول الزمنى القصير كان غير واقعى إذا تم الأخذ فى الاعتبار طول المدة اللازمة لجمع الاعتمادات المالية وشراء النعاج ثم إجراء التجربة. وبحلول الذكرى السنوية الأولى، لم يكن هناك وقت كاف لإعادة انتاج هذا المُنْجَز ببساطة. وبالضبط فى مارس ١٩٩٨ أعلن جان بول رينار وفريقه بالقرب من باريس أنهم استنسخوا عجلا من خلايا متمايزة، وفى ذلك الصيف سجّل رايوزو ياناجيماتشى من جامعة هاواى وزميله لما بعد الدكتوراه تيرهيكو واكاياما أنهما استنسخا ما يزيد على خمسين فأرا بالنقل النووى، ومنها فئران استُنْسِخَت من تلك المُستنسَخَة.

ومنذ ذلك الحين، سجلت المجموعات البحثية حول العالم استنساخ أنواع عدة منها الماشية، النعاج، الفئران، الماعز، الكلاب، القطط، الجياد، الخنازير، البغال، الأيل أبيض الذيل، الشبّوط[1]، وذباب الفاكهة. لافتقارنا المعتاد للفهم الأساسى لكيفية الاستنساخ، تطلّب الأمر الكثير من التجربة والخطأ لتعديل طريقة استنساخ دوللى لتناسب الأنواع الحية الأخرى. وجدت الفرق الناجحة هذا العمل البطولى صعبا فى بعض الأنواع الحية، وبخاصة قردة ريسس والكلاب. ولكن ربما فى الإمكان استنساخ أى ثديى، مع الأخذ فى الاعتبار إجراء البحث العلمى بشكل وافٍ.

سر دوللى الصغير

لم تكن دوللى، مثل العديد من المستنسخات الأخرى، مستنسخة حقيقية. مثل معظم المستنسخات من الإناث أتت من بويضة واحدة من أنثى واحدة ود.ن.أ من

(١) الشبوط: سمك نهرى كثير الحسك. (المترجمة).

أخرى، لخلق مستنسخ حقيقى، ينبغى عليها أن تنتج من بويضة والـ . د.ن.أ من نفس النعجة الفنلندية من سلالة الدورسيت الميتة منذ أمد. تسهم البويضات فى تنمية الذرية بصورة أكبر من مجرد احتجاز المعلومات الجينية فى كروموسوماتها. المعلومات الجينية الأخرى محمولة فى مولدات الطاقة فى الخلية، الميتوكوندريا التى تعرضنا لها من قبل، وتقع فى سيتوبلازم البويضة.

حوالى ٣٪ من الـ .د.ن.أ الموجود فى الخلية يمكن أن نجده فى الميتوكوندريا. وبينما توجد معلومات جينية أقل بكثير فى الميتوكوندريا عن الكروموسومات، فإنها جوهرية لعملية التنامى. تتراكم الطفرات فى.د.ن.أ الميتوكوندريا بشكل أسرع مع تقدم العمر عن الـ .د.ن.أ النووى – على سبيل المثال كنتيجة لعناصر كيميائية شديدة التفاعلية تسمى بالجزيئات الحرة والتى تنتج بشكل طبيعى فى الجسم. إذا أثّر الاستنساخ على الـ .د.ن.أ فى الميتوكوندريا، سيكون ذلك دالا كما ذُكِرَ فى دراسة أجراها نيل جوران لارسون وزملاؤه فى معهد كارولينسكا فى ستوكهولم. لقد ربّى فئرانا ذات نسخ مشوّهة من الـ .د.ن.أ بوليميريز وهو الإنزيم المسئول عن الحفاظ على الـ .د.ن.أ الخاص بالميتوكوندريا، وبالتالى حدثت لها طفرات أكثر. هذه الفئران ذات "مولِّدات الطفرة فى الميتوكوندريا" عاشت لمدة عشرة أو اثنى عشر شهرا فقط مقارنة بالفئران الطبيعية التى تعيش حتى ثلاث سنوات، كما أنها هرمت مبكرا.

يمكن أن يؤدى الشذوذ فى وظائف الميتوكوندريا أيضا إلى حدوث الأمراض. فقد اكتشف ريتشارد ليفتون من كلية الطب فى جامعة ييل خللا جينيا فى الميتوكوندريا مرتبطا بارتفاع ضغط الدم، ارتفاع الكوليستيرول، والدهون الثلاثية، انخفاض الماغنسيوم، مرض السكرى، مقاومة الإنسولين، والسمنة (أثّر الخلل على الـ "آر.ن.أ الناقل – الجزيئات الحاملة الأساسية التى تنقل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتينات – مؤديا إلى مدى واسع من الاعتلالات الوظيفية الخلوية). آخذين فى الاعتبار دورها فى إمداد الجسم بالطاقة، فإن أول علامة على وجود ميتوكوندريا هَرِمَة

ستظهر فى أعضاء الجسم التى تتطلب إمدادا كبيرا بالطاقة، والتى هى بالتالى أكثر اعتمادا على الميتوكوندريا مثل القلب والدماغ.

بالرغم من أنه علينا أن نكتشف جميع التفاصيل الخاصة بكيفية تأثير الميتوكوندريا فى البويضة على المستنسخ ذات يوم، فإنه توجد وفرة من الأدلة غير المباشرة على أهميتها. خذ عددا من البويضات من نفس النعجة، بعد إضافة الحيوان المنوى وإعادة الزرع، ستجد أن بعضها ينتج حملانا سليمة، والبعض لا ينمو على الإطلاق، والبعض الآخر ينمو لفترة لكن فى النهاية يموت الجنين. وأحيانا ما ستكون هذه الاختلافات فى حيوية البويضات راجعة إلى اختلافات فى الميتوكوندريا الموجودة بها. لكنها ليست القصة كاملة. فبعيدا عن تأثير الميتوكوندريا، فإن ما يحدث فى المراحل المبكرة من تطور الجنين يقع أيضا تحت تأثير البروتينات والجزيئات الأخرى فى البويضة والتى صُنِعَت حتى قبل أن تغادر البويضة المبيض. تم التعرف على القليل للغاية من هذه المركبات النشطة، كما لم تُفْهَم وظيفتها.

كاميتاكافوكو

"كاميتاكافوكو" هى الكلمة اليابانية المرادفة لـ "السعادة العظيمة الممنوحة من الرب"، وهو أيضا اسم ثور أسود قُدِّرَ لحمه الدهنى المجزّع بثمن باهظ. ببلوغه سن السابعة عشرة، تم استخدام سائله المنوى لإخصاب أكثر من ٣٥٠٠٠٠ بقرة، وأصبح هذا الأب المدهش نجمًا فى اليابان، حيث تساوى الثيران من عيّنته ثروة من المال. بالنسبة لبرنامج تربية مواشى تقليدى، ربما يستغرق الأمر سبع سنوات لانتقاء ثور استيلاد منتخب جينيًا مثل كاميتاكافوكو من بين المئات من نظرائه، وهذا بسبب عمليات الاختبار المطوّلة للصفات المرغوبة. وبدلا من دفع السائل المنوى للثيران المنتخبة جينيا لتعشير مئات الأبقار على أمل أن تستمر هذه الصفات في النمو من خلال الذرية الناتجة من العجول، وبالرغم من أن هذه الصفات الممتازة ستُخَفَّف عند

اندماجها مع صفات الحيوانات الأخرى، إن صناعة اللحوم تأمل بدلا من ذلك فى أن يقدم الاستنساخ نسخا ثمينة من الثيران الممتازة بدون الحاجة إلى كل هذه الاختبارات والانتقاء من الذرية. بنفس الطريقة، يمكن استخدام الاستنساخ أيضًا للإسراع بنمو الماشية المرباة لتناسب تلك الظروف القاسية فى الدول النامية.

لقد نفق كاميتاكافوكو عام ٢٠٠١، لكن جيناته تعيش فى مئات الآلاف من الذرية التى أنجبها. لقد كان موضوعا لتجربة استنساخ ثديى مبكرة بدأت فى ١٩٩٧ أى بعد مولد دوللى بعام واحد. أزال زيانجزونج (جيرى) يانج من جامعة كونكتيكت فى ستورس، وشيكارا كوبوتا من معهد تربية الماشية بمقاطعة كاجوشيما، خلايا من أذن الثور لإجراء النقل النووى وسُجِلت ولادة ستة من العجول عام ١٩٩٨، عاشت منها أربعة عجول من ضمنها أول ذكر مستنسخ من حيوانات المزرعة. هذه المجموعة المبدئية من الذرية المستنسخة – سابورو، تارو، جيرو، وشيرو نمت بشكل طبيعى حتى البلوغ. سابورو وشيرو أنجبا ذريتهما عبر التلقيح الصناعى بالإضافة إلى الطريقة عتيقة الطراز. ثم وباستخدام خلايا بشرة الأذن المأخوذة من هذه الحيوانات المستنسخة، أجرى الفريق النقل النووى مرة أخرى. تم نقل تسعة عشر جنينا إلى تسع عشرة مستقبلة، الأمر الذى نتج عنه وليدان حيان من الجيل الثانى من الثيران المستنسخة فى ٢٣ من يناير، و٦ من مارس عام ٢٠٠٠ وبالرغم من أن أحدهما نفق بسبب فقر الدم والعدوى بعد ولادته بفترة قصيرة، فإن الآخر عاش بصحة جيدة بشكل واضح. لقد أطلق على الناجى منهما اسم شو زابورو، والاسم الإنجليزى دكتور ليدرمان على اسم دكتور جيرى يانج الذى يعلن مازحا دوما بأنه يودّ لو استنسخوه.

أخذت القصة منحى آخر فى ٢٠٠٥ عندما ذُبِح سابورو وشيرو وأُختبر لحمهما. إن معارضة جيرى يانج لهذا يمكن تفهمها، إذا أخذنا فى الاعتبار كل ذلك المجهود الذى بذله فريقه لاستيلادهما فى المقام الأول. ولكنه وبسبب الشذوذ الذى يتسبب فيه الاستنساخ، أثار بعض العلماء اعتبارات نظرية حول سلامة أكل الحيوانات المستنسخة. كانت دراسة يانج الإرشادية هى الأولى من نوعها لفحص بعض

البروتينات والمغذيات المحددة الموجودة فى لحوم الحيوانات المُسْتَنْسَخة، واعتُبرت علامة على بداية الطريق إلى المجهودات المبذولة لسد ثغرة هامة فى أدبيات البحث العلمى وإحراز مصادقة مقننة على الأطعمة ذات المصدر الاستنساخى. استنسخ يانج، أيضاً، بالتعاون مع سيندى تيان وشيكارا كوبوتا وآخرين بقرة لبن فريزيان (تُدعى آسبن)، ثم قارنوا بين لحمها ولبنها وبين لحوم وألبان أبقار من نفس العمر والجينات لكنها جاءت نتيجة التناسل الطبيعى.

"لقد عقدنا مقارنة شاملة بين تركيب اللبن واللحم فى الحيوانات المستنسخة من خلية جسمية (بالغة) وتركيبهما فى الحيوانات المقارنة التى جاءت بطريق التكاثر الطبيعى،" قال. "لم نكتشف أية اختلافات ذات دلالة." ورغم أن الأمر سيتطلب العديد من الدراسات لإقناع المنظمين، فإن هذه الحقائق قدمت أولى المعلومات المبنية على أسس علمية لتوجيه الرأى العام حول سلامة لحوم وألبان الحيوانات المستنسخة من الخلايا الجسمية.

يعتبر هذا العمل أيضاً مشجعاً عندما يزرع الأمل فى العلماء، مثلى، بأن التناسل يمكن أن يُنْجَزبشكل أكثر دقة إذا ما تم الدمج بين الاستنساخ والتعديل الجينى. إن عملية إدخال جينات جديدة تقدم طريقة لتحسين السلالة، وجعلها متكيفة مع الظروف المختلفة فى البيئة المحيطة بها، أو تعديلها بحيث تنمو بأعضاء "مؤنسنة" مقاومة للرفض وصالحة لزرعها فى جسم الإنسان. يمكن أيضا أن تصمم لإنتاج عقاقير ثمينة فى ألبانها. يمكن للمرء أن يستنسخ من خلية مزروعة تم تحويرها جينيا لصنع عقار عندما تُنَمَّى هذه الخلايا. يمتد فيما بعد دوللى أفق مثير من الفرص العلمية الجديدة تغرى باقتناصها.

الفصل الخامس

مستنسخات فناء المزرعة

اتكأت محاولتنا الأولى للدمج فيما بين تقنيات الاستنساخ والتعديل الجينى فى جزءٍ منها على حل لغز لعين نُشِرَ منذ نصف قرن مضى، عندما ظهرت ورقة بحثية فى الدورية الطبية البريطانية The British Medical Journal فى نسخة عيد الميلاد عام ١٩٥٢. حيث اكتشفت روزمارى بيجز Rosemary Biggs وجوين ماكفرلين Gwyn Macfarlane وزملاؤهما الباحثون فى جامعة أوكسفورد نوعًا جديدًا من مرض الهيموفيليا، وهو اضطراب مورَّث يسبب نزيفا متكررا، يصعب السيطرة عليه.

لقد اكتُشف أكثر من شكل للاضطرابات الخاصة بتجلط الدم، نتجت عندما وُجِدَ أن دماء بعض من يعانون هذا الاضطراب يمكنها أن تُجَلِّط دماء مرضى النوع الأكثر شيوعًا وهو الهيموفيليا A، وقد كان هذا مفتاحًا هاما. اتضح فيما بعد أن هذا التنوع فى أشكال الهيموفيليا تسبب عن نقص بروتينات التجلط المختلفة، يُسمّى أحدها العامل IX. لقد قرر فريق أكسفورد أن يُسَمِّي هذا النوع الجديد من الهيموفيليا بمرض عيد الميلاد أو الكريسماس، تيمّنًا باسم أول مريض لهم وهو صبى فى الخامسة من عمره يدعى ستيفن كريسماس، والذى انتقل حينها إلى تورونتو بكندا. لقد عجلت الدورية الطبية بنشر الورقة البحثية فى الموعد المناسب.

لقد كانت هناك حادثة سابقة مماثلة بخصوص تسمية الأمراض بهذه الطريقة؛ صاحبها هو الجراح البريطانى السير جوناثان هاتشينسون Jonathan Hutchinson.

في الحقيقة، كان والد ستيفن يعمل ممثلاً أجبر نفسه على لعب دور تنطوى فكرته الأساسية على موسم الميلاد. لقد أطلق اسم روبين على ابنه الأكبر، وعندما تزوج مرة أخرى أطلق على ابنته من هذه الزيجة اسم هولي. ولكن كان من المسلّم به أن الأوراق البحثية الموسمية في طبعة الكريسماس من الدورية الطبية البريطانية لا تؤخذ على محمل الجد، أو لا تثير الجدل حولها، مما أحزن بعض الأطباء. لقد كانوا يتوقعون شيئًا من التأمل أثناء شرب الأنخاب وتناول الطعام، أو بعضًا من العبث الاحتفالي البهيج.. قال البعض بأن تسمية هذا المرض الخطير بهذا الاسم بعد عيد الميلاد كان فاترا. وبينما آخرون انصرفوا عن الورقة البحثية الخاصة بمرض كريسماس باعتبارها مزحة من طالب ما. كتب أستاذ لهذه الدورية يشكو قائلا: "يعيش بعض الآباء حياتهم في ندم على تلك الأسماء التي وهبوها لأطفالهم الأبرياء. ألم يكن ممكنا.... في مقدورك كموثّق لمولده أن تستعيض عنه باسم أقل سخافة؟"

لقد دافع فريق أكسفورد بعناد عن الاسم، لكنهم أقنعوا النقاد بأنهم إذا اكتشفوا البروتين المستخدم في الجسم والذى يدخل في تكوين العامل IX، لقاوموا رغبتهم الملحة في تسميته عامل كريسماس إيف. الاسم الوحيد البديل الذى قدمه فريق أكسفورد كان جافًا ووظيفيا: " hereditary hypocoprothrombinaemia. رشّحت أسماء أخرى مثل: "الباراهيموفيليا" و"الهيموفيليا الكاذبة". من غير المثير للدهشة أن مرض الكريسماس استمر على هذه التسمية رغم أننا نميل إلى إطلاق اسم بديل عليه وهو "هيموفيليا B (اسم تمّ اقتراحه من قبل عالم متميز بينما كان الجدل لم يزل دائرا). لسوء حظ ستيفان كريسماس، ورغم ذلك، كانت هناك طريقة واحدة فقط لتعويضه عن عامل التجلط الذى ينقصه وهي الحصول عليه من الدم البشرى.

بعدها بنصف قرن من الزمان وجدنا طريقة مختلفة لإنتاج العامل IX في حليب نعجة تسمى بولى Polly. كان مولدها هو البرهان الأول على أن الاستنساخ يمكنه أن يُيَسِّرَ إجراء التغييرات الجينية في الحيوانات أكثر بكثير عما مضى. بطريقة أو بعدة طرق أخرى، أرعبنى مولدها بقدر ما أرعبنى مولد دوللى. مرة أخرى، عملنا كان مثيرا

للجدل: كان هناك الكثيرون ممن اعتقدوا أن بولى كانت مثالا آخر على "التطفل على الطبيعة" من قبل العلماء. ووجد آخرون أن وضع الجينات البشرية فى الحيوانات أمرا مريكا.

لكننى شعرت، مثلما أنا واثق من أن كل زملائى فى روسلين و PPL (حيث كان كيث كامبل يعمل عندما نشرت تفاصيل ذلك الفتح العلمى) قد شعروا بأن محاولتنا لتحويل بولى إلى مصنع عقاقير صوفى كانت امتدادا طبيعيا لجهودات سابقة للعديد من العلماء، فى سبيل صنع منتجات نافعة من العمليات البيولوجية - التقنية الحيوية - والتى يرجع تاريخها لآلاف السنين منذ المحاولات الأولى لتعتيق الخمر وأصول الزراعة. لقد اختلفت أهداف الفلاحين الأوائل قليلا عما أردنا أن نحققه بالنسبة لما يتعلق بالإرادة. أود أن أعتقد أيضا أن ستيفن كريسماس قد صدّق على ما كنا نحاول إنجازه.

عندما كشفنا النقاب عن بولى مع أربع نعاج مستنسخة أخرى، شعرنا بأننا قد اجتزنا معلما هاما فى الطريق الطويله المؤدية إلى تكييف الحيوانات مع الحياة فى المزرعة، مقدمين إمكانات جديدة فيما يخص هذه العملية. لقد أملنا فى الواقع أن يميز خروج بولى للحياة أعظم الإنجازات المتقدمة فى علم التكاثر منذ أن دُجِّنت الحيوانات لأول مرة منذ آلاف السنين، ذلك لأن التقنيات التى استخدمت لإنتاجها جعلت من تعديل الـ .د.ن.أ الحيوانى بطريقة أكثر دقة عما سبق أمرا ممكنا. وبالتوازى مع هذا، ظهرت طرق جديدة لتغيير كيفية استخدام الجينات داخل الجسم.

منذ مولد بولى رأينا الماشية قادرة على إنتاج بروتينات الدم البشرى، خنازير بأعضاء مهيئة لزرعها فى أجسام البشر، ودجاجا يضع بيضا مضافا إليه أجسام مضادة للخلايا السرطانية، وماعز ينتج شبكات عنكبوتية من الحرير. وبالرغم من هذا الإنجاز الواعد، فإن التأثير الكامل لهذه التقنية لم نشعر به بعد. إن تقنيات التعديل الجينى التى أعرضها فى هذا الفصل يمكنها أن تقدم للطب البشرى الكثير، وهى الفكرة الأساسية التى سوف أعود إليها فى نهاية الكتاب.

لماذا بولى ؟

كانت جارتنا شركة PPL للتقنيات الحيوية متحمسة للاعتماد على نجاح روسلين فى الاستنساخ من خلال التعديل الجينى، تماما ككل المنافسين فى كل مكان، وبشكل ملفت فى أمريكا الشمالية. فى الوقت الذى بدأنا فيه العمل على بولى، كان استخدام الكائنات المعدلة جينيا - البكتيريا والخميرة - لإنتاج البروتينات قد أصبح أمرا روتينيا. ولم تكن هذه بروتينات عادية بل كانت تستخدم كعقاقير. من بين تلك العقاقير التى توجّب انتاجها بواسطة الخميرة هرمون النمو البشرى والذى يستخدم لمقاومة مرض القزامة، الإنسولين البشرى من أجل مرض السكرى، والانترفيرونات والليمفوكين مثل الإنترلوكين ٢ والذى يعزز الجهاز المناعى للإنسان. هذه البروتينات التى تستخدم بشكل موسع فى الأطعمة، صناعة الورق، والصناعات الدوائية. سميت بالبروتينات المأشوبة(١).

ومع ذلك، فإن حيوانات المزرعة مثل بولى تقدم العديد من المزايا التى تتفوق بها على الميكروبات حين تتحول إلى مصانع عقاقير حية. إن المُخَمِّرات البكتيرية الدائرة - الأوعية الستانليستيلية الضخمة التى تُنَمَّى فيها البكتيريا - باهظة الكلفة بالنسبة لإطعام نعجة بعض التبن فى الحقل. كانت هناك علاوة على ذلك مشكلة أعمق، فهذه الكائنات الحية البسيطة يمكنها فقط إنتاج بروتينات بسيطة. البروتينات الأكثر تعقيدا توجد فى أجسام البشر الحاملين لجزيئات السكر اللازمة لعمل هذه الكائنات فى الجسم على أكمل وجه. البكتيريا والخميرة غير قادرة على إضافة مجموعات السكر هذه، وقبل ظهور الحيوانات "الدوائية"، كان لا بد من فصل الجليكوبروتين المعقد من الدم أو الأنسجة البشرية، الأمر الذى كان مكلفا للغاية ويحمل خطر نقل الأمراض البشرية أثناء عملية الفصل أيضا.

(١) البروتينات الناتجة عن عودة الاتحاد الجينى (المترجمة).

لم نكن وحدنا المستثارين بالإمكانيات التى تنطوى عليها الحيوانات المحوَّرة جينيا . أولها خرج إلى النور بواسطة الحقن الميكروسكوبى فى الثمانينيات. وبلغت إنجازاتنا ذروتها مع كشف النقاب عن تريسى النعجة التى ولدت فى روسلين فى التسعينيات. كان هناك العديد من الباحثين الذين ناضلوا ليصبحوا متخصصين ناجحين فى إنتاج العقاقير من حيوانات المزرعة، مثل جيمس رويل من جامعة ماساشوستس، آمهيرست، راندى براذر من جامعة ميزورى فى كلومبيا ، ونيل فيرست من جامعة ويسكونسين فى ماديسون. ثم أصبحت هناك شركات أخرى غير جارتنا وشريكتنا علاجات PPL مثل شركة التكنولوجيا الخلوية المتطورة، أليكسيون للإنتاج الدوائى، جين فارم وجينزايم لعلوم الجينات المحورة فى أمريكا ، والدوائية القابضة فى هولندا . لو تمكن العلماء من إجراء "جراحة جينية" دقيقة على الحيوانات، فإن المنفعة التجارية المحتملة ستكون ضخمة.

لقد أمل معهد روسلين وفريق علاجات PPL فى الحصول على العامل IXمن حليب النعاج المحوّرة جينيا الذى يفتقر إليه ستيفن كريسماس. آخرون كانوا فى سباق لإنتاج مضاد التخثُّر الأنتيثرومبين، وهو البروتين الذى يساعد على إيقاف نزيف الدم: يستخدم الألبومين البشرى فى علاج الحروق، وهناك بروتينات يمكنها أن تزيد من عدد كرات الدم الحمراء وبالتالى للقضاء على فقر الدم أو الأنيميا ، أو بروتينات لعلاج هشاشة العظام، وإلتهاب المفاصل، والملاريا ومرض نقص المناعة المكتسبة. كان أملنا أن نستطيع إنتاج هذه البروتينات بتكلفة أقل من الطرق التقليدية. تتراوح تكلفة مصنع دوائى لإنتاج البروتينات من مائة إلى مائتى مليون جنيه استرلينى ويلزم لبنائه من ثلاث إلى خمس سنوات. وبالمقارنة، تبلغ تكلفة تنمية سلالة جديدة من النعاج حوالى خمسين مليون جنيه إسترلينى ويستغرق ثمانية عشر شهرا لإفراز اللبن، وبالتالى يمكننا استخلاص الأدوية من لبنها الثمين. يمكن لحيوان واحد خلال حياته كلها أن ينتج ثروة من العقاقير تقدر بحوالى من مائة إلى مائتى مليون جنيه إسترلينى على حسب نوع البروتين.

ويصرف النظر عن تحويل النعاج إلى "مفاعل حيوى" كما يحب البعض أن يسميه، فإن إدخال أو حذف الجينات منحنا وسائل مكنت الحيوان من أن ينمو بشكل أسرع من إجل إنتاج اللحم، أو جعلته أكثر مقاومة للأمراض. الاعتلال الدماغى إسفنجي الشكل الذى يصيب الأبقار (PSE) والدُماغ الحُمَوىّ الإسفنجي[1] كانا من الأهداف الواضحة. إن التعديلات الجينية يمكنها أن تفيد البيئة أيضا: أحد الأمثلة كان "الخنزير البيئى" وهو خنزير لديه جين يقوم بتكسير إنزيم الفيتيز **enzyme phytase** الموجود فى غدده اللعابية، وبالتالى يتمكن الحيوان من الاستفادة أكثر من الفوسفور الموجود فى العلف المصنّع المقدم له، وإخراج كمية أقل من الفوسفات الذى يلوّث البيئة. بعض الباحثين يرغبون فى جعل الحيوانات المعدلة جينيا منتجةً للبن الأم البشرى وهى فكرة مستعصية على التصديق.

أملت مختبرات عدة، من ضمنها **PPL** فى جعل الحيوانات المعدلة جينيا قادرة على الإمداد بأعضاء مناسبة للزرع للتغلب على النقص المحبط والمزمن للأعضاء المناسبة لزرعها فى أجسام البشر. فى وقتنا الحاضر، يموت آلاف من البشر قبل أن تتوفر لهم أعضاء مناسبة لزرعها. رغبت **PPL** فى تعديل الخنازير للحصول على قلوب أو كلى تزرع وتعمل فى أجسام البشر. يمكن أن تستخدم التقنية أيضا لتحوير الحيوانات وجعلها تعانى من تلك الأمراض التى يعانى منها البشر وبالتالى يمكن اختبار العلاجات عليها، وهو أحد التطبيقات التى اندفعت بشكل هائل نحو استخدام الفئران المعدلة جينيا فقد أرادت شركات أخرى أن تستخدم هذه الطريقة فى التحوير الجينى لتمكين الماعز من إنتاج بروتين الحرير العنكبوتى فى ألبانها، ممهدة الطريق لجيل جديد من الأنسجة القماشية العجيبة. فالممكنات لا تنتهى.

وبشكل يمكن التنبؤ به تماما، زادت حملات حقوق الحيوان من ضغطها لصالح الحيوانات المعدلة جينيا ودراسة أخلاقيات تحوير الحيوانات من أجل الاستخدامات

---

(١) مرض عصبى مميت فى الأغنام (المترجمة).

البشرية. نحن أنفسنا غير متأكدين من الآثار الممتدة لتلك الإجراءات التى استخدمت فى إبداع بولى. وفى النهاية ، كانت بولى هى الأولى من نوعها. ومع ذلك، فأنا أشعر بأن الاعتبارات الخاصة بمصالح الحيوانات يجب أن توضع فى الحسبان. يجب على العلماء والشركات أن يفكروا بعناية حول إذا ماكان عملهم ذو مسوّغ هام: لا أحد يرغب فى تحوير الحيوانات لأجل أسباب تافهة.

كان هناك أيضا قلق بخصوص أننا بطريقة ما قد "أَنْسَنَّا" النعاج. بولى كانت مُحَوَّرةً جينيا وتحتوى على جين بشرى فى كل خلية من جسمها. فى النهاية علىّ أن أؤكد على أنها رغم هذا نعجة للغاية: يعتقد أن النعاج تحمل من الجينات حوالى خمسة وعشرين ألفا فى مجموعها، تماما مثل مجموع الجينات التى يحتوى عليها جسم الإنسان، وتأثير جين إضافى واحد فقط حتى ولو كان بشريا، سوف يغير قليلاً من "نعجويتها" التى أُثْبِتَت بواسطة أربعة وعشرين ألف وتسعمائة وتسعة وتسعين جينا الأخرى. وفى الحقيقة، يعتبر كل البشر نعجويين إلى حد ما. إذا ما قارنا بين الشفرات الجينية للإنسان والنعجة، نجد أن تتابع الحمض النووى الـ .د.ن.أ فى النعاج يظهر تماثلا مقداره من ٨٥٪ إلى ٩٥٪ مع نظيره فى الجينات البشرية، مع وجود تتابعات أكثر تماثلا عن غيرها فى بعض الجينات (يسميها العلماء "المحفوظة"). بافتراض أن جينا بشريا واحدا بعينه لم يستخدم، ولكن مستنسخا أو (نسخة) من ذلك الجين هى التى استخدمت، فإن بولى كانت بعيدة كل البعد عن أن تكون نعجة "مُؤَنْسَنَة".

سمكرة الجينات

فى الوقت الذى بدأنا فيه مشروع بولى، كان هناك العديد من الوسائل لإيلاج الحمض النووى د. ن. أ الخاص بالجينات الدخيلة إلى خلايا حيوان ما. يمكنك إضافة أملاح الكالسيوم لصنع د. ن.أ يُشَفِّر لجين يترسب خارجا من محلول إلى الجنين أملا فى أن يتمكن بعضها فى الاختراق إلى النواة ليضيف إلى الـ .د.ن.أ الموجود

فى الخلية. يمكنك أن تعبىء الـ .د.ن.أ فى جزيئات الدهن (الليبوسومات) القابلة للذوبان فى الغشاء الزيتى حول الخلية، وبالتالى يمكنه أن يعبر إلى داخل هذه الخلايا. الطريقة الأكثر دقة والتى تتطلب أيضا الكثير من الأيدى العاملة تمثّلت فى حقن بضعة مئات من النسخ لجين ما مباشرة داخل النواة فى الجنين وحيد الخلية، الزيجوت. كانت هذه هى الطريقة التى انتهجها معهد روسلين و PPL لإنتاج نعاجهم. بطريقة متطابقة، نجد أن من بين كل عشرة آلاف جنين تم حقنه بالـ ،د. ن. أ الدخيل يتمكن ثلاثة فقط من النمو حتى مرحلة البلوغ الخصبة. تخيل مشقة أن تقوم بشىء آلاف المرات لتحرز ثلاثة نجاحات فقط.

أسباب عدة جعلت هذا النوع المبكر من تعديل الـ .د.ن.أ بمثابة يانصيب. غالبا ما توقفت الأجنة المحقونة عن النمو. أقل من عشرين بالمائة منها تنمو حتى المخاض. أحيانا ما يفشل الـ .د.ن.أ المحقون فى الإندماج فى الشفرة الجينية (الجينوم) الخاصة بالزيجوت مواصلا نموه وانقسامه حتى المرحلة ثمانية الخلية. حينها سنجد أن الـ .د.ن.أ موجود فى بعض خلايا الحيوان النامى ولكن ليس فى الأخرى - فسيفساء من الخلايا المحوّرة والخلايا غير المحورة، الكبير. ومما يزيد الأمور سوءا أن الـ . د.ن.أ الجديد يمكن أن يندمج بصورة عشوائية فى الجينوم الحيوانى مما قد يؤدى إلى نتائج غير متوقعة، متداخلا مع عمل جينات أخرى أو مناطق من الـ .د.ن.أ مسئولة عن تشغيل أو إيقاف عمل الجينات.

وحتى لو اندمج الجين ولم يسبب تلفا، فإن هناك الكثير من الأمور التى قد تنحى منحى خاطئا. إن الجين يمكن أن يكون فى مكانه الملائم فى الجينوم ولكنه لا يستخدم بالشكل الصحيح. كم من جينات تستخدم فى الجسم اعتمادا على مواقعها. الجين الذى يجعل الخلية قلبية يجب أن يستخدم فقط فى القلب. الأمر ذاته فى حالة الجين الذى يجعل من خلية عصبية خلية دماغية، فهو يجب أن يستخدم فقط فى الدماغ. وينطبق المثل على جينات إفراز اللبن والغدد الثديية. الخطر قائم حين يعمل الجين المدخل حديثا فى النسيج أو العضو الخطأ. وهذا الذى دمّر ما سُمّى بخنازير

بيلتسفيل عندما أخفقت محاولة فريق أمريكى لتعزيز نمو الخنازير بواسطة هرمون النمو البشرى، لقد صُنع الهرمون، واستخدم فى الأنسجة الخطأ. النتيجة كانت التهابا فى المفاصل، عرجا، نموا للثديين فى الذكور، ومجموعة أخرى من المشاكل بالإضافة إلى الكثير من الدعاية السيئة لهذه التقنية.

ولكى تُفعّل جينا فى المكان المناسب ، حيث تريده أن يعمل، تحتاج إلى مفتاح تحويل جينى يسمى المُحَفِّز. فى عالم مثالى، سيكون المُحفِّز هو ما يتحكم بالفعل فى الجينات فى الحيوان الذى تريد تعديله جينيا. لإنتاج حيوان دوائى يمكنه إنتاج الدواء AAT, ألفا واحد أنتيتريبسين، فى حليب تريسى، لقد شبكنا جين الـ AAT فى منطقة المحفز فى الجين المسئول عن بروتينات حليب النعاج، والمسمى ببيتا لاكتوجلوبيولين. لقد ضمن المحفز أن الجين قد استخدم فقط فى الغدة الثديية للنعجة، وإلا فإن كل خلية فى جسم تريسى ستحتوى على جين الـ AAT . وبهذه الطريقة سيحتوى لبنها على البروتين الذى استخدم فى علاج التليف الكيسى وداء انتفاخ الرئة، ولكن ليس على حساب، أو المخاطرة باستخدام الـ AAT المشتق من بلازما الدم البشرى.

لقد استغرق الخروج بتريسى إلى النور مجهودا كبيرا. لقد كانت تلك الأيام السابقة على الاستنساخ حين كنا نحقن آلاف الأجنة مع جين "المنشأ" والمُحفِّز. لقد زرعناها فى حوالى دزينة من النعاج ذات يوم على مدار أحد مواسم التوالد. لقد تتطلب هذا شخصين لتخدير النعاج، اثنين لإجراء الجراحة على الحيوانات، واحد لإزالة البويضات، وآخر لإجراء عمليات الحقن الجينى. لقد كانت مغامرة ضخمة، وقد نجحت لحسن الحظ، وولدت النعجة تريسى عام ١٩٩٠ لقد كانت ذات ريادة دوائية رائعة، حيث استطاعت إنتاج ٣٠ جراما من البروتين البشرى لكل لتر واحد من الحليب الذى كانت تفرزه. إن نعجة اللبن الجيدة تنتج حوالى ٩٠٠ لتر من الحليب خلال فترة إفرازها له والتى تتراوح من خمس إلى ستة أشهر. بعض السلالات تمر بثلاث فترات من إفراز اللبن خلال عامين. مما يعنى أن بإمكانها إنتاج ٤٠٥٠٠ جرام فى السنة.

وهى كمية ضخمة حين تضع فى ذهنك أن ٢٠٠ جرام فى السنة كافية لعلاج مريض واحد. بعبارة أخرى، لقد تمكنت تريسى من توفير العلاج لمائتى مريض وحدها.

لقد كانت تريسى أشهر نعجة فى العالم حتى ولدت دوللى. لقد لحقها حيوانات دوائية أخرى مثل الثور هرمان الذى أنتجته الشركة الهولندية التابعة لجين فارم. لقد حمل هيرمان (الذى سمى على اسم نائب رئيس الشركة) الجين البشرى اللاكتوفيرين، وكان أبا لثمانية من العجول على الأقل فى ١٩٩٤، ولقد ورث كل عجل هذا الجين لإنتاج البروتين المحتوى على الحديد اللازم لنمو الأطفال، ولقد أمل المربّون فى أن مصدرا جديدا للحليب المغذى أصبح متوفرا. كانت هناك أيضا الماعز جريس التى أنتجت البروتين المضاد للسرطان. مع ذلك وحتى وقت كتابة هذا الكتاب فإن أول منتج لعلاج الأمراض البشرية وصل للأسواق كان العامل III المضاد للتخثر الذى أنتجته شركة GTC للعلاجات الحيوية (جينزايم للتعديلات الجينية سابقا)، وهو أحد بروتينات الدم ذو خصائص مضادة للتجلط والالتهاب ينتج فى ألبان الماعز المحورة جينيا.

إن التعديلات الجينية يمكنها أن تكون ذا نفع مباشر لحيوانات المزرعة. لقد رأينا الأبقار الأولى المعدلة جينيا مقاومة لمرض التهاب الثدى الذى يصيب غدد اللبن فى الأبقار، والذى غالبا ما تسببه البكتيريا المُكوِّرة العنقودية البرتقالية. وللقضاء على الالتهاب، أدخل فريق من إدراة الزراعة الأمريكية جينا من البكتيريا المشابهة إس. سيمولانس إلى أبقار جيرسى مما سمح لها بإنتاج اللايزوتافين، وهو البروتين الذى يقضى على المُكوِّرة العنقودية البرتقالية. وبمرور الوقت ستظهر استراتيجيات أخرى لمنح الحيوانات قدرا أكبر من المقاومة للأمراض.

---

(١) شجرة دردار تزعم الأساطير الاسكندينافيّة أن جذورها وأغصانها تصل ما بين الأرض والجنة والجحيم. (المترجمة).

(٢) ربّ الأرباب فى الميثولوجيا الجرمانيّة. (المترجمة)

بولى

لقد أُبْدِعَت بولى بطريقة مختلفة عن تريسى وغيرها من الحيوانات التى عُدِّلت جينيا فى مرحلة مبكرة، واعدةً بأن تبتعد أكثر عن منطق الإصابة حينا والخطأ حينا. لقد بدأ فريقنا فى روسلين - مع أنجيليكا شنايك (المؤلفة الأولى للورقة البحثية التى نشرت فى مجلة العلم واصفة فيها طريقتنا)، أليكس كايند، وكارين مايكوك، أنجيلا سكوت وآلان كولمان من PPL- بأنسجة أُخذت من نعجة دورسيت بول، وقد تم تنمية النسخ المأخوذة من الخلايا الليفية فى الأنسجة الضامة لهذا الحيوان فى المختبر، ثم أدخلت الجينات البشرية ومُيِّزت بعلامة. على نحو نموذجى، تقوم هذه العلامات بحماية الخلايا من العقاقير، وإلا قضت هذه العقاقير على الخلايا. وبهذه الطريقة فإن بقاء الخلايا حية يدل على أن الجينات قد انتقلت وبدأت العمل.

فى حالة بولى، قمنا بإدخال جين العامل IX البشرى برفقة تتابعات الـ .د.ن.أ التى تحمى الخلايا من المضاد الحيوى النيومايسين. وهكذا استنبطنا أن أية خلايا قد أصبحت مقاومة للنيومايسين بعد التعديل ينبغى أن تحتوى أيضا على الجين البشرى، وهى مزية يمكن استخدامها للتعرف على الخلايا التى خضعت للتعديل الجينى. لقد كانت هذه هى الخطوة التى جنّبتنا أن نضطر إلى نقل أعداد ضخمة من الأجنة المتحولة إلى النعاج لنرى إذا ما كان التغيير الجينى قد حدث أم لا. الآن باستطاعتنا أخذ الأنوية من الخلايا المختارة - الأجزاء المحتوية على التعليمات الجينية للنعجة البول دورسيت، والبروتين البشرى - واستخدامها فى إعادة برمجة بويضات النعاج التى أزيل منها الـ .د.ن.أ بواسطة طريقة النقل النووى. بحلول عام ١٩٩٧، أصبحت عملية الاستنساخ روتينية للغاية لدرجة أن كارين لا تستطيع تذكر سوى القليل عن المجهود الذى بذلناه للمجىء ببولى للوجود. "لقد أصبحنا مؤسسة تسهيل إنتاج، وتمخض عملنا عن إنتاج العديد". وقد ازدرعت الأجنة الناتجة فى نعاج البلاكفيس الأسكتلندية. فحدوث الحمل كان أسهل منه فى بولى عن حالة دوللى. وبينما نجحت محاولة واحدة فقط من بواكير الـ ٢٧٧ محاولة، حققنا معدل نجاح قدره واحد إلى

خمسة وأربعين (٢٥,٢ بالمائة) فى المحاولات المتنوعة الخاصة بخلق بولى وقريناتها. كان هذا مشجعا، ورجّح أن عملية زرع الجين البشرى لم تعطّل نمو الجنين. وبينما تطلبت تريسى حوالى خمسين نعجة لاستنساخها، تطلبت بولى حوالى عشرين نعجة فقط. ولم نهدر أىٍّ من مصادرنا على استنساخ حملان غير معدلة - إحلال باهظ وغير هادف وملتو للإنسال الطبيعى فى المزرعة (بالرغم من أن هذه الكفاءة المبدئية المرتفعة، بالطبع، قد انتهت بحقيقة أن القليل من الأجنة كان حيًّا، وقلة فقط من الحيوانات المستنسخة قد ولدت فى نهاية المطاف).

لقد أخذت عينات من الدماء من الحملان الناتجة واستخدمت للتأكيد على وجود الجينات المضافة. من بين الحملان الخمسة، واحدة - بوللى - احتوت على الجين البشرى بالإضافة إلى الجين ذى العلامة. لقد مكنها الجين المدخل إليها حديثا من صنع العامل IX. لقد اضطرّت PPL إلى إخبار مساهميها عن هذا سلفا قبل نشره، لذلك رفضت مجلة الطبيعة بأسلوب متعجرف نشرها. وانتهى الأمر بنشرها فى مجلة العلم التى تعادلها منزلة بحلول نهاية عام ١٩٩٧. فى هذا الشأن، تم الاحتفاء بمولد دوللى باعتباره الحدث العلمى الأعظم للعام. عندما ظهرت بولى فى المشهد، بدا وكأن تريسى قد أوفت بدينها، وضمنت الـ PPL السماح استخدام البروتين البشرى AAT المشتق من النعاج للمساعدة على منع تضرر الرئة فى مرضى التليف الكيسى.

البديل

قبل استخدام الهندسة الوراثية، اعتمد ستيفن كريسماس ومرضى الهيموفيليا الآخرين على من يمنحهم دماءهم من البشر، ليتمكنوا من الحياة وهذا. يلزمه كميات كبيرة من الماء للحصول على العامل VIII، أو العامل IX المطلوبين لضبط نوبة من النزيف، ولذا عادة ما كان الفشل القلبى خطرا قائما. لقد مثلت القدرة على نقل البلازما إلى المرضى بدلا من الدم كله خطوة للأمام، بالرغم من أنها مازالت مطلوبة

بكميات كبيرة. بعد ذلك، وفى منتصف الستينيات، اكتشف أنه عند إذابة البلازما المتجمدة تتبقى منها أجزاء لها هيئة قطع الجليد الطافية على السطح والتى كانت غنية بالعامل VIII وليس العامل (IX) مما أدى إلى ظهور منتج يُعرف بالمُرَسَّب بالبرد، لكنه لم يفد ستيفن إلا قليلا.

التأثير الأكبر على حياة ستيفن كان ينبغى أن يأتى من خلال حصوله على العامل المفقود بطريقة ملائمة أكثر. مرضى النوع الأكثر شيوعا من الهيموفيليا كانوا أول من استفاد عندما تم تحضير العامل VIII من أحواض كبيرة من البلازما. لقد كان فى هيئة بودرة مجففة متجمدة يمكن أن تحل بالماء المقطر ثم تحقن بعد ذلك، عرفت فى الأصل باسم مكثّف العامل VIII. لقد أحدثت هذه المركزات ثورة فى مجال رعاية مرضى الهيموفيليا. لم يعودوا الآن يعتمدون على المستشفيات، وبإمكانهم أن يأملوا فى حياة طبيعية. لقد طورت لاحقا طريقة لفصل العامل IX من البلازما. يمكن لستيفن الآن الاعتماد على مكثف ملائم تم اشتقاقه من البلازما المجمعة من دماء المتبرعين. كان شغوفا بالتصوير الفوتوغرافى، وأصبح مصورا طبّيا فى مستشفى الأطفال المرضى فى تورنتو، بالرغم من أنه عمل أساسا كسائق تاكسى. فى هذه الوظيفة، كان من الأسهل بالنسبة له ألا يذهب لعمله إذا داهمه نزيف فى مفاصله.

جاءت الخطوة الأولى تجاه التخلص من اعتماد مرضى الهيموفيليا على الدم البشرى عندما وجد العلماء وصنفوا الجينات البشرية الخاصة بالعامل VIII، والعامل IX، وهى التعليمات المستخدمة بواسطة الجسم لصنع هذه البروتينات. لقد أنجز هذا العمل البطولى الخاص بالعامل IX جورج براونلى George Brownlee وآخرون من زملائه فى جامعة أكسفورد عام ١٩٨٢، أما العامل VIII، فقد كان وراءه فريق تيد تودنهام Ted Tuddenham من مركز الهيموفيليا بمستشفى رويال فرى فى لندن، بالتعاون مع فريق ديك لون Dick Lawn فى جينينتيك فى سان فرانسيسكو، وفريق جاى تول Jay Toole فى معهد علوم الجينات ببوستون. هذا التقدم مكّن من استخدام هذه الجينات فى الهندسة الوراثية، وبالتالى مكّن من الخروج ببولى إلى الوجود

مفسحين المجال لمصدر بديل لما يسمى بالبروتينات المأشوبة بالإضافة إلى إمكانية الحصول على علاجات جديدة اعتمادا على ازدراع الجينات.

جراحة الجينات

حتى العمل الرائد فى حالة بولى كان بعيدا عن كونه مثالا نموذجيا لكيفية استخدام التقنية الجينية لتغير الشفرة الجينية لحيوان ما. مازلنا فى ترقب ، آملين أن يعمل بالفعل الـ .د.ن.أ البشرى الذى قمنا بتقطيره داخل خلاياها. لقد حبسنا أنفاسنا على أمل أن تكون الكميات الناتجة من البروتين مناسبة، وأن تكون قد عملت فى الأنسجة الصحيحة، وأن إلصاق جين جديد فى الجينوم لن يعوق عمل الجينات الأخرى. هذه التلفيات تحدث فى حوالى ٧ فى المائة من محاولاتنا. إنه حتى لو عُطِّل واحد فقط من زوج من الكروموسومات بهذه الطريقة، فإن عملية التهجين بين هاتين النعجتين ستنتج باستمرار حملانا تكون فيها كلتا النسختين[١] من الكروموسومات تالفة، بالإضافة إلى التلف الذى سيلحق بالحالة الصحية لهذه الحملان.

كل هذا الشك استحثّ المجهودات لصقل عملية التغيير فى الشفرات الجينية للثدييات المختلفة، من النعاج وحتى البشر. لقد رغبنا فى طريقة سهلة نرسل بها الجينات إلى المكان الصحيح فى الشفرة الجينية الخاصة بها، بدلا من أن نأمل ببساطة فى أن تتمكن الجينات من الهبوط بالباراشوت فى شفرة المخلوق الجينية بدون أى مساحة للحظ العاثر. لقد ابتكر زملائى فى الـ PPL طريقة للجراحة الجينية فى حمليْن آخريْن هما كيوبيد وديانا. لقد وظّفوا التقنية التى استخدمت لسنوات على

---

(١) كل كروموسوم يتكون من سلسلتين متقابلتين من الحامض النووى الريبى الـ د.ن.أ، وبالتالى فإن كل جين فى الكروموسوم له نسختان على كلتا السلسلتين، وهاتين السلسلتين الطويلتين تكونان ما يعرف باللولب المزدوج (المترجمة).

الفئران، لكن نجاحها على الثدييات الأخرى كان محدودا، وقام آلان كولان، وأليكساندر كايند وباقى فريق PPL بإدخال الجين الذى يُشَفِّر للبروتين البشرى داخل الخلايا الليفية للنعجة - الخلايا المفلطحة المستطيلة الموجودة فى الأنسجة الضامة - لقد استخدموا طريقة تسمى استهداف الجين، حيث قاموا بإقحام متتابعة الـ .د.ن.أ التى يريدون إدخالها بين نُتَف من النظام الشفرى التى تُتَمِّم تلك الموجودة فى الموقع المستهدف. هذه المناطق "المحاطة من الجانبين كشطيرة" من الـ .د.ن.أ تستخدم خاصية مُتَضمنة فى لولب الـ .د.ن.أ المزدوج: بعض الحروف فى شفرة الـ د. ن. أ تميل إلى أن تلتصق ببعضها. تمثَّلت الخدعة فى مطابقة "مساند الكتب[1]" الخاصة بالـ .د.ن.أ التى تحيط بالـ .د.ن.أ ليتم إدخالها مع الـ .د.ن.أ على الموقع المستهدف. وبسبب أن هناك قابلية لدى بعض جدائل د.ن.أ التى تتشابه فى التتابع الموجود على مساند الكتب فيها لأن تنجذب إلى تلك الموجودة فى الجينوم المستهدف أثناء عملية التضفير، كان هناك استبدال لتتابعات الـ .د.ن.أ، وهى العملية المسماة بالتأشيب المتناظر[2] وبهذه الطريقة تمكن الباحثون من إدخال تتابع من الـ .د.ن.أ إلى منطقة محددة على كروموسوم ما فى إحدى خلايا نعجة.

لقد اختاروا موقعا للإدخال يوجِّه إنتاجًا واحداً من البروتينات التى تصنع الأنسجة الليفية مثل الغضروف، وهو جين الكولاجين. لقد انتقوا هذا الجين لأنه يستخدم فى العديد من الأنسجة المختلفة، وبالتالى فإنه الموقع المرجح لأن يعمل فيه الجين المضاف بشكل معقول. وحتى مع استخدام طريقة استهداف الجينات، كان من المتوقع للجين أن ينتهى به المطاف فى المكان الصحيح فى محاولة ناجحة واحدة فقط من بين عشرة آلاف محاولة. وكما فى السابق، أضيف أيضا جين المقاومة

(١) مسند الكتب هو أحد زوجين من الحوائل التى توضع بينها الكتب فى صف حتى تحفظها فى وضع رأسى. والكاتب هنا يُشبِّه المادة الجينية بصف من الكتب يحيط بها الد.ن.أ من الجانبين (المترجمة).

(٢) عملية التوليف المتناظر (المترجمة).

للمضادات الحيوية؛ يمكن بعدئذ التعرف على الخلايا، حيث أنجزت جراحة الجينات بلا أى خلل عن طريق مقاومتها للمضاد الحيوى، ومن ثم يتم اختيارها لاستخدامها فى الاستنساخ.

وبالرغم من أن هذه الطريقة كانت فعّالة، ودفعت بالمشروع خطوة للأمام، فإننا منذ تجربة كيوبيد وديانا أعدنا التفكير فى القيمة العملية للنقل النووى. وبينما يستخدم عدد قليل من الحيوانات عموما، فإن المشاكل الخاصة بمصالح الحيوان والمرتبطة بالطرق الحالية للنقل النووى – والتى سأرجع إليها – تفوق هذه الميزة فى الأهمية. لقد قررنا ألا نستخدم النقل النووى ببساطة من أجل إضافة الجينات، مرتدين إلى طريقة الحقن المباشر ذات الطراز القديم. من ناحية أخرى، فإن الاستنساخ يمكن أن يبرر تغيير الجينات نظرا لأننا لا نستطيع فعل هذا بطريقة أخرى.

يمكنك مبدئيا أن تزيل ذلك النوع من الجينات المسئول عن الأمراض التفسخية إسفنجية الشكل، الاعتلال الدماغى البقرى، والدماغ الحموى الإسفنجى. لقد حاولنا أن نقوم بهذا فقط. فى ذلك الوقت، عام ٢٠٠٠، تنامت الفرق، مع الإمداد بتعزيزات جديدة لكل من مختبر علم الأجنة، ومختبر البيولوجيا الجزيئية. سعى فريق بقيادة جون كلارك لإنتاج حيوانات مقاومة للاعتلال الدماغى فى الماشية، أوالدماغ الحموى الإسفنجى فى الأغنام. هذه الأمراض والأمراض الإسفنجية الأخرى تحدث نتيجة طفرات فى الجين الذى يقود إنتاج بروتين معين داخل الدماغ يسمى بروتين البريون. فى الحيوانات المريضة، يقوم هذا البروتين بتغيير الشكل، ويطلق تأثيرا جزيئيا متسلسلا يسمى ظاهرة الدومينو[1]، محوّلا البريون الطبيعى إلى شكل شاذ يتراكم داخل نسيج الدماغ على هيئة صفائح مما يتسبب عنه الإخلال بوظائف الخلايا

(١) ظاهرة الدومينو هو حالة يقوم فيها حدث ما بإطلاق سلسلة من الأحداث المتشابهة التى تقع واحدا تلو الآخر، والأمر يشبه إيقاع حجر دومينو، فتقع أحجار الدومينو المتراصة بعده (المترجمة).

العصبية. لقد أوضحت التجارب على الفئران أنه إذا لم يُنتَج بروتين بريون الأصلى، فإنه من الممكن ألا تصاب أدمغة الفئران بالمرض الإسفنجى.

لقد استحثتنا هذه النتيجة لنسعى إلى تعطيل بروتين البريون فى الأغنام. كان هدفنا الأول هو منع الجين من العمل، والتدليل على أن الحيوانات لا تزال فى أتم صحة. بعد ذلك سنقوم بتعريضها للبريون الشاذ لنرى ما إذا كانت ستصاب بالدماغ الحموى الإسفنجى. لقد استنسخ حمل واحد ، الأول بين الاغنام الذى ينطوى على حذف لجين معين. لم يكن بصحة جيدة، بالرغم من أنه كان قويا جدا، ونشيطا، وشهيته مفتوحة، فقد كان يلهث طوال الوقت حتى فى أوقات الاسترخاء. لقد قمنا بفحوصات شاملة، وحصلنا على استشارات من الأطباء البيطريين، وحتى من مستشفى محلى (يوجد بعض التشابه فى الأمراض بين النعاج والبشر)، ولكن دون جدوى. بعد إثنتى عشر يوما قررنا أنه من الشفقة أن ننهى حياة الحمل. قامت سوزان ريند ببحث مفصل فى باثولوجيا[(١)] الأنسجة فى المدرسة البيطرية المحلية، وكشفت عن اختلال فى الأوعية الدموية التى تغذى الرئتين، ولقد ظهر هذا الخلل للمرة الأولى ولم نر مثله من قبل، وقد منحنا هذا حتى الآن درسا نافعا مفاده أن استنساخ الإنسان يمكن أن يكون أمرا بالغ الخطورة فى الوقت الحالى، وبالرغم من ذلك، فقد اتخذنا خطوة مهمة أخرى، وقد كانت هناك أهداف هامة أخرى. ولسوء الحظ سحبت شركة جيرون تمويلها للمشروع البحثى فى روسلين، وأصبحنا مجرد متفرجين على ما ستأتى به PPL.

الخنازير المؤنسنة

لقد تعاظمت الفرص للتعديل الجينى، بحيث استُنسخت أنواع جديدة. ولدت خمسة خنازير صغيرة فى الخامس من مارس عام ٢٠٠٠ جاء الخنزير الأول بواسطة

---

(١) بحث التغيرات المرضية فى الأنسجة (المترجمة).

النقل النووى من خلايا بالغة. عندما كشفت PPL النقاب عن المواليد الأخرى، قالت بأنه قد ثبت أن النقل النووى أكثر صعوبة فى الخنازير عن الماشية الأخرى، جزئيا بسبب أن بيولوجيا التكاثر فى الخنازير أكثر تعقيدا بشكل فطرى، وجزئيا بسبب احتياج الخنازير لعدد من الأجنة الحية على الأقل للاحتفاظ بحملها (النعاج، الأبقار، الفئران، والبشر يحتاجون جنينا واحدا فقط). تم التغلب على المشكلة التالية بخداع الطبيعة: لقد أدخل فريق PPL أجنة بكرية التوالد ("ولادة عذراء أو بدون تلقيح") مع المستنسخات. لن تنمو الأجنة العذرية حتى المخاض، وإنما تصارع الزمن على مواردها المحدودة، ولكنها ستعيش طويلا بالشكل الذى سينجح معه الحمل.

سميت الخنزير بميللى الصغير نسبة للألفية، وكريستا سميت كذلك نسبة إلى الجراح كريستيان برنارد الذى أجرى أول عملية زرع قلب لإنسان عام ١٩٦٧، أليكسيس وكاريل على اسم رائد عمليات الزرع والحاصل على جائزة نوبل أليكسيس كاريل، ودوت كوم اسم عكس الاستخدام المتنامى للإنترنت. لقد تم تمويل العمل جزئيا من قبل حكومة الولايات المتحدة من خلال منحة لانتاج "الخنزير المعدل بالحذف أو الإقصاء الجينى" وهو خنزير لديه جين معين أو جينات تم إيقاف نشاطها للمساعدة فى منع الجهاز المناعى للإنسان من رفض أعضاء الخنزير المزروعة فيه. لقد أثبتت PPL مع هذه الخنازير أن الاستنساخ ممكن، وأعلنت فى نفس الوقت أنها قد حققت بالفعل استهدافا للجين المطلوب فى خلايا الخنزير باستخدام نفس التقنية التى أدت إلى خروج الحملين صاحبى الجينات المعدلة كيوبيد وديانا.

لقد وضع هذا الخنزير فى بؤرة المجهودات المبذولة لإنتاج أعضاء صالحة للزرع الغَيْرى، أى زرع أعضاء حيوان ما فى البشر. بالطبع تبدو القردة أكثر تناغما، لكن استخدام صنو للبشر من الرئيسيات[1] سيثير تساؤلات أخلاقية، بالإضافة إلى

(١) الرئيسيات: هى الرتبة الأعلى بين الثدييات وتضم الإنسان والقرد إلخ (المترجمة).

الحقيقة القائلة بأنها تضع جنينا مفردا كل مرة، يجعل من المجهود المبذول فى أنسنتها عملا شاقا. بالإضافة إلى خطورة انتقال العدوى من الحيوانات إلى البشر - ليس المرضى منهم فقط وإنما الناس كافة. إن بطونها[1] الكبيرة والتشابه فى حجم أعضائها مع أعضاء البشر يجعل من الخنازير الحيوانات الأكثر ملاءمة للإمداد بأعضائها فى أية مشاريع مستقبلية لنقل الأعضاء.

وبالرغم من أن حجم قلب الخنزير مناسب للزرع، كما هو الحال بالنسبة لتشريحه وضغط الدم فيه، فإن الأمر ينقلب إلى فوضى رهيبة خلال ساعتين إذا تم ضخ دم الإنسان خلاله. هذا الرفض يسمى بفرط الرفض الحاد الذى تفجره الأجسام المضادة فى دم الإنسان، ثم يُنفَّذ بواسطة مجموعة متسلسلة من الإنزيمات التى تهاجم أغشية الخلايا الدخيلة. يمثل جين واحد فى الخنازير بشكل خاص العقبة الكبرى أمام زرع أعضاء الخنازير فى البشر، والذى يقوم بحث الإنسان المُستَقْبِل لرفض عضو الحيوان. الجين ألفا- واحد، ثلاثة جلاكتوزيل ترانسفيريز هو المسئول عن صنع إنزيم يضيف السكر ("ألفا جال") إلى سطح خلايا الخنازير والذى يُنْظَر إليه من قبل الجهاز المناعى للإنسان على أنه دخيل (يفتقر الإنسان وقردة العالم القديم إلى هذا الإنزيم وبالتالى إلى الغطاء السكرى) بدون السكر، لا يمكن للأجسام المضادة البشرية أن تلتصق بخلايا الخنازير، وبالتالى لا تبدأ عملية الرفض الحاد. التحدى تمثل فى إنتاج خنازير معدلة جينيا تفتقر إلى هذا الجين.

بعدها بعامين أعلنت الشركة التابعة للـ PPL فى فيرجينيا عن مولد خمسة من صغار الخنازير المستنسخة بصحة جيدة وكل منها لديه نسخة واحدة معطلة من جين رفض الأنسجة، ولأن الخنازير ولدت فى يوم عيد الميلاد، فقد منحت أسماء موسمية مثل نويل، أنجيل، ستار، جوى، ومارى. لقد اعتقدت الشركة أن إطلاق الأسماء

(١) يقصد بالبطن هنا مجموعة الأجنة التى تلدها أنثى الخنزير فى كل مرة (المترجمة).

البهيجة على الخنازير الصغيرة سيلقى اهتماما إعلاميا أكبر، ويظهر العلماء أكثر اهتماما ومشاركة وجدانية عما لو سموا حيوانات تجاربهم بورسين [1] ١، وبورسين ٢، وهكذا. أُعتُقِد فى البداية أن PPL كانت أول من أحرز السبق لتحقيق هذا الإنجاز لكنهم اكتشفوا أن بطنا من الخنزير المؤنسن قد أُنتِجت بالفعل بواسطة مجموعة أمريكية منافسة تتألف من راندال براثر من جامعة ميزورى بكلومبيا، وإيميرج بيوثرابيوتيك، وهى شركة نتجت عن إندماج بيوترانسبلانت الأمريكية مع شركة إيموتران البريطانية فى كامبريدج التى كانت قد بدأت نشاطها للتو، وكانت فى طليعة السباق إلى الزرع الغيرى قبل أن تُشترى بواسطة شركة العقاقير السويسرية العملاقة نوفارتيس. لقد أطلقت خنازيرهم المؤنسنة أولى صرخاتها فى سبتمبر ٢٠٠١، وواجه الفريق مشكلة إحالة عملهم لمجلة العلم، التى فرضت عليهم التزام الصمت حتى يُرَاجع من قبل زملائهم، وينشر.

وفى وقت ولادتهم البهيجة، أعلنت PPL أنها توقعت أن تتمثّل أولى التطبيقات التى ستخرج للنور فى إنتاج الإنسولين من خلايا جزر لانجرهانز فى الخنازير المعدلة بالإقصاء الجينى لعلاج مرض السكرى، بداية فى الرئيسيات ثم قريبا فى البشر. قالت: إن المحاولات الإكلينيكية يمكن أن تبدأ فى أربع سنوات، وفى اعتقاد المحلل المراقب أن دخل السوق يمكن أن يساوى ما يربو على ٢,٥ بليون جنيه سترلينى للأعضاء الصلبة وحدها، وثلاثة بلايين للعلاجات الخلوية للسكرى وداء باركينسون، ومرض الألزهايمر. سيكون التوظيف الأهم من الناحية الإعلامية بالنسبة لهذه الخنازير زرع القلب، لكنه كانت ومازالت هناك عقبات ضخمة نسعى للتغلب عليها.

ومع الإعلان عن حذف نسخة واحدة من الجين، سارعت الفرق المنافسة للتعديل بالإقصاء فى كلتا النسختين لجين الألفا جال فى كل خنزير، منتجين حيوان

---

(١) بورسين تعنى الخنزيرىّ نسبة إلى الخنزير(المترجمة).

"التعديل بالإقصاء المزدوج" لكنه اكتشف أنه ليس من الضرورى القيام بالتغيير على وجه التخصيص، فقد تحدث طفرة تلقائية فى النسخة "الخام" من الجين بشكل متكرر إلى الحد الذى يمكن معه انتقاء هذه الخلايا ذات الطفرات بسهولة. الخلايا التى يوجد بها الجين ويعمل تم قتلها اختياريا، سواء بإدخال سم بكتيرى إليها يرتبط مع السكر، أو مصل مضاد يعمل ضد بقية السكر على سطح الخلية. الخلايا الحية الباقية تم استخدامها كمتبرعات نوويات، وقُدِّمت إلى الخنازير التى تفتقر إلى إحدى النسختين من الجين. لقد نشرت كلتا المجموعتين عملها، PPL فى ٢٠٠٣، ومجموعة ميزورى فى ٢٠٠٤.

الأمور جيدة حتى الآن، ومع ذلك يبدو الهدف الكلى فى حد ذاته لتعديل الخنازير بالحذف الجينى المزدوج غير مُرجَّح لضمان النجاح: إن جسم الإنسان يرفض الأنسجة المزروعة فيه، كنتيجة لكل من هجوم قصير المدى وهجوم طويل المدى بواسطة جهاز المناعة. ويمكن أن يؤدى هذا إلى تكوّن رواسب مماثلة للتى نراها فى أمراض القلب. إن تفاصيل هذه "الوساطة المناعية من الخلية" غير مفهومة بشكل جيد.

تبقى ماهية التأثير الذى يحدثه حذف الجين على أنسجة الخنزير بحاجة إلى أن تُحَدد بدقة. الحيوانات نفسها بصحة جيدة بشكل كاف، لكن ماذا يحدث لو سرت دماء من إنسان أو حيوان آخر من رئيسيات العالم القديم خلال الأنسجة؟ النتائج المبدئية المنشورة حديثا ترجح بقاء الأنسجة فى حالة سليمة لمدة طويلة، أطول كثيرا من بضع دقائق قبل أن ينفق الخنزير الطبيعى، لكن يتبقى أمامنا الكثير لنعلمه. كلتا الشركتين زعمت أن لديها الإجابات. قالت إيميرج : إنها كانت تفحص الطرق المؤدية إلى تثبيط الرفض فى المرضى لتتكامل مجهوداتها فى التعديل الجينى، وهى استراتيجية تنطوى على مثالب من ناحية الآثار الجانبية المحتملة. لقد أرادت PPL أن تتطرق إلى ماهو أبعد من مسلك التعديل الجينى، مضيفة ثلاثة جينات أخرى مثل الـ DAF عامل مسرّع التحلل، بالإضافة إلى جينات لمنع التجلط غير المرغوب فيه الممكن حدوثه فى الأوعية الدموية للعضو المزروع، وذلك للتغلب على مراحل أخرى من عملية الرفض. لكنه ما من

أحد علم كم من التغييرات الجينية تطلب الأمر قبل أن يصبح قلب الخنزير مؤنسنا بالشكل الكافى كى ينبض بشكل صحيح، ويضخ الدماء فى الجسم البشرى بدون أن تتم مهاجمته من قبل مُضيفه. قدّر بعض الباحثين عدد الجينات التى قد تدخل فى عملية المطابقة بحوالى ستمائة جين، وحذروا من أنه يمكن أن يكون هناك حد للقدر الذى يمكن به أنسنة أنسجة الخنزير، ولو أنك أخذت كفايتك فى تغيير الكامن الجينى للخنزير لتجعله أقرب إلى الإنسان، لا يعلم أحد إذا كان هذا المحتوى الجينى سينمو بشكل سليم داخل خنزير أم لا. علاوة على ذلك، فإنه لا توجد ثمة ضمانة لأن تقوم أعضاء الخنزير بوظيفة أعضاء الإنسان لمدة طويلة تجعل من زرع الأعضاء الغيرى أمرا يستحق العناء المبذول لأجله.

هناك مسألة أخرى أهم من الرفض، وهى الخوف من استخدام أعضاء الخنازير، فقد يؤدى إلى ظهور أمراض جديدة فى الإنسان. انتاب القلق بعض العلماء على وجه الخصوص، ومنهم روبين ويس من جامعة كلية لندن بشأن مجموعة من الفيروسات تسمى الفيروسات الارتجاعية الخنزيرية داخلية المنشأ أو PERVS. لقد أخذت الشفرات الجينية للـ .د.ن.أ فى الفيروسات ملايين السنين حتى تصبح جزءا لا يتجزأ من الشفرة الجينية للخنزير. رسائل الـ .د.ن.أ "ضاعفنى" هذه لا تضر بالخنازير وليس انتشارها فيها بالأمر السهل، لكن النقاد يتجادلون بخصوص أنه ما من أحد يعلم ما الذى يمكن أن يحدث إذا أُدخلت هذه الرسائل للبشر مع الأعضاء المزروعة. كما قال ويس"احذر خنزير طروادة! ربما يطلق الفيروسات المخبوءة بداخل أعضائه تماما مثلما خرج اليونانيون من بطن الحصان."

يقوم زملائى فى روسلين الآن بشكل مثير للفضول ببحث كيفية إقحام الألفا جال داخل الخلايا الجذعية للإنسان. وليس هذا بغرض جعلهم أكثر خنزيرية ولكن، وعلى النقيض تماما، من أجل زيادة معدل النجاح عند زرع أعضائهم فى المرضى. تمثلت إحدى المخاوف فى أنه إذا تم زرع الأعصاب المتمايزة على سبيل المثال داخل الدماغ لعلاج مرض باركينسون، فإنها ربما لا تزال تحتوى على قلة من الخلايا الجنينية

القادرة على التنامى بطريقة غير منظّمة منتجة ورما مسخيا خبيثا، وهو ورم يتألف من خليط من الخلايا المختلفة، وجاءت التسمية من الكلمات اليونانية التى تعني بشكل غير بقيق "الورم المسخ". (كما هو الحال مع أى علاج ستكون هناك مخاطر كما ستوجد فرص أيضا.) درس زميلى فى روسلين جيم ماكواير كيفية استخدام التعديل الجينى للتأكد من أن الألفا جال تُعطّل فى الخلايا المتمايزة، لكنها تعمل فى الخلايا الجنينية، وبهذه الطريقة، ينظر للخلايا الجنينية على أنها دخيلة فتُرفض لو أطعمت عرضا للمريض.

الأبقار.. الجعة اليابانية.. والدم البشرى

عادة ما يكون الانطلاق شاقا بالنسبة لأى من رواد العلم الذين حاولوا حيازة قصب السبق فى ترجمة أفكارهم المختبرية اللامعة إلى لغة السوق. أرادت تكنولوجيات نيكسيا فى مونتريال أن تحلب من الماعز القزمة سريعة النمو المعدلة بالنقل النووى بروتينات خيوط العنكبوت المكورة. ولد اثنان معدلان بالنقل النووى - بيتر وويبستر - عام ٢٠٠٠ ويحتويان على جين خيوط العنكبوت مدمج فى تكوينهما الجينى. لقد أصبحوا مؤسسين لقطيع من الماعز التى أملت الشركة فى أن تنتج لها نوعا من خيوط العنكبوت المُخَلّقَة تسمى بيوستيل. ويمكن أن تستخدم كتل خيوط العنكبوت لمختلف أنواع التطبيقات الصناعية من الدروع وحتى خيوط الجراحة الطبية. لكن فى مايو ٢٠٠٣، تعرّضت الشركة لمشكلة وسرّحت موظفيها ، حتى تدخّر المال بسبب توانٍ فى تطوير عملية الغزل التجارية. مستخدمةً نفس أسلوب العمل، تحوّلت الشركة إلى إنتاج ماعز تحتوى ألبانها على بيوتيريل كولينيستيريز وهو بروتين يبحث وينمدج مع العوامل العصبية مثل سارين، و VX.

فى عام ٢٠٠٣، باعت PPL شركتها الملحقة فى فيرجينيا إلى جامعة بطسبرج لتظل مكتفية بذاتها. (فى ٢٠٠٤، سوف تترك الـ PPL البورصة بقيمة تقدر فقط

بسبعة ملايين استرلينى مقارنة بخمسمائة مليون جنيه فى تلك الأيام المثيرة عندما وضعت دوللى الشركة على الصفحات الأولى لكل الصحف عبر الكوكب.) كانت تقنية الزرع الغيرى عند PPL الأكثر تطوّرا بالنسبة لما ينبغى عليها أن تقدمه لبطسبرج، لكنها كانت تحاول أيضا إنتاج ما سمى بـ"تكنولوجيا خطة الأمراض المعدية": استخدام الحيوانات المعدلة جينيا لصنع أجسام مضادة بشرية، والتى توجد بشكل طبيعى فى الدم البشرى، حيث يمكنها أن تحارب العدوى. معظم الأجسام المضادة العلاجية الموجودة بالفعل فى السوق تتألف من مجموعة من الأجسام المضادة (أحادية الاستنساخية) المتطابقة. لكن الشيء الجدير بالنضال هو صنع مجموعة من عدة أنواع مختلفة من الأجسام المضادة البشرية (متعددة الاستنساخية) يمكن أن تدخل فى العديد من التطبيقات، وأن تفعل هذا بواسطة الحيوانات لا الإنسان.

حديثا، خططت هيماتيك، ومعاونتها فى طوكيو شركة كيرين بريويرى، لأن تنجز هذا فقط، بالدمج بين الاستنساخ والتعديل الجينى لتعديل الأبقار ، وهى مصدر عظيم لهذه البروتينات الثمينة بشكل قوى، حيث أن البقرة اليافعة النموذجية لديها ما يزيد على كيلو جرام من الأجسام المضادة فى دمها. كشفت هيماتيك التى تقع فى منحدرات سايكس، جنوب داكوتا عن خطة لتنمية "البقرة Tc" التى زعمت بأنها ستصبح قادرة على إنتاج أجسام مضادة بشرية متعددة الاستنساخية، والتى يمكن أن تساعد فى محاربة الأمراض المعدية المقاومة للمضادات الحيوية، والحماية من الأسلحة البيولوجية مثل سم البوتيولين (الذى يصيب الأعصاب)، والجمرة الخبيثة، ومعالجة أمراض نقص المناعة وأمراض أخرى.

ولإنتاج البقرة Tc توجب على الفريق بقيادة جيم روبل رئيس العلماء التغلب على عدة عقبات تقنية كبرى. الأولى تمثلت فى كيف نقبض على الشفرة التى يستخدمها الجسم لصنع أجسام مضادة متعددة الاستنساخية. تقع تلك المنطقة من الجين التى تقوم بتوجيه إنتاج الأجسام المضادة البشرية فى مساحة كبيرة، أكبر من أى تتابع جينى آخر تم نقله فى الماشية. ومما يُعَقّد الأمر أنك لا تستطيع تنمية خلايا من الماشية

في المزرعة لوقت طويل، وبالتالى فمن الأصعب أن تجرى التعديل الجينى وتفحّص ما إذا قد حدث حقا. لنقل إن الأمر أصعب مما يحدث، فى حالة الخلايا الجذعية الجنينية فى الفئران التى تنمو تقريبا بشكل مطلق.

لقد جاء روبل بتقنيتيْن حاذقتيْن لتجنّب هذه المصاعب. الأولى: قام فريقه بتركيب كروموسوم صناعى ليحمل العبء الثقيل من الـ .د.ن.أ المطلوب لنقل جينات الأجسام المضادة. بالإضافة إلى الكروموسوم كانت هناك تتابعات الـ .د.ن.أ التى تمنح الوقاية ضد العقار. بعد ذلك تم إدخال هذا الكروموسوم الصناعى إلى الخلايا الليفية التى تم تنميتها من عجل فى وجود العقار. وحدها الخلايا الليفية التى اتسعت للـ .د.ن.أ الوقائى، وبشكل محتمل للكروموسوم الجديد هى التى ظلت حية.و رغم هذا، وبدلا من إجراء العديد من الاختبارات المُستهلِكة للوقت للتأكّد من أن الكروموسوم الصناعى قد تم استخدامه، تبنّى الفريق ابتكارا آخر ، باستخدام الخلايا المخصصة للنقل النووى فى أسرع وقت ممكن، مما يسمح للمستنسخ أن ينمو لخمسين يوما قبل أن تعود الخلايا لسوائها، وتُنَمّى فى المزرعة. منحهم هذا مزيّتين. بانتهاء عملية الاستنساخ، تكون النواة قد تم تجديدها، وبالتالى يمكن للخلايا أن تعيش أطول، وكنتيجة لهذا كان من الممكن اكتشاف أىٍّ من الخلايا احتوت على الكروموسوم الإضافى. تستخدم الخلايا التى تم فيها التعديل بعد ذلك لإتمام سلسلة ثانية من عمليات النقل النووى التى أنتجت العجول المُحوَّرة جينيا.

لكن هذه العجول "المُتحوِّرة كروموسوميا" ما زالت غير مجهزة لإنتاج العقاقير. لقد أنتجت كلا من الأجسام المضادة البشرية والبقرية، وسيكون فصلهما عن بعضهما البعض من أجل الاستخدام الإكلينيكى صعبا. وللتغلب على هذا ، أراد روبل وفريقه استخدام عملية تدعى الاستهداف الجينى التتابعى التى يمكن بواسطتها تعديل كلتا النسختين من جين الجلوبيولين المناعى البقرى بالإقصاء الجينى. تنازعهم أمل آخر فى أن يمكنهم حصد الأجسام المضادة البقرية السارية فى الدم من زيادة حصيلة الأجسام المضادة البشرية متعددة الاستنساخية بشكل ملحوظ. هذا العمل فى طريقه

للنور بينما أكتب هذا. إنهم يتمنون بواسطة بقرة Tcالمانحة للمناعة والمزوَّدة بعامل المرض أن يتمكنوا من إنتاج أجسام مضادة متعددة الاستنساخية فى مجرى الدم، لها ردّة فعل قوية ضد عامل المرض. ترغب هيما تيك فى حصد الأجسام المضادة من أبقار Tc فى مزارعها المنتجة (كل مزرعة بها حوالى ١٢٥ بقرة) بواسطة عملية تسمى فصاد البلازما، وفيها يتم جمع الدم كله، وتفصل الخلايا عن الجزء السائل من الدم (البلازما)، ثم تعاد الخلايا إلى الجسم بعد ذلك. بعد جمع البلازما، تؤخذ إلى جهاز تنقية يقوم بإزالة المكونات الأساسية لدم الأبقار (البروتينات، الدهون، البكتيريا الكامنة، والفيروسات). بعد ذلك سيتم صوْغ الأجسام المضادة المعقّمة المُنقّاة فى الشكل النهائى للمنتج وتُشْحَن للمستشفيات. وفى ٢٠٠٤، أعلنت هيماتيك وكيرين أنهما قاما بهندسة وراثية لجنين بقرى عن طريق إزالة كلتا النسختين من جين البريون. والأمل هنا كما كان بالنسبة لعملنا السابق أن تكون الحيوانات الناتجة عن هذه الأجنة غير مرجحة لالتقاط عدوى الاعتلال الدماغى الإسفنجى، وتكون الحيوانات مثالية لإنتاج مجموعات من الأجسام المضادة متعددة الاستنساخية والبشرية بشكل كامل. لقد بدأت الآن عملية إنتاج العقاقير ليس من الحليب أو البقر، وإنما من الأجسام المضادة البشرية.

تستخدم الماعز الآن لصناعة عقار صيدلانى واعد آخر يسمّى ATryn، وهو مضاد بشرى لتجلط الدم. لقد تم تطوير العقار فى جى تى سى بيوثرابيوتك فى فرامينجهام ماساشوستيس لعلاج النقص الوراثى لمضادات التجلط، وهى حالة تجعل المرضى المصابين بها عرضة للخثار الوريدى العميق – تكوُّن جلطات دموية مدمرة. اشتُق هذا البروتين العلاجى من حليب الماعز المُحَوَّرة جينيا. اختيرت الماعز لأنها قليلة التكلفة، سهلة الرعاية، تنمو أسرع من الأبقار، وقادرة على إنتاج حتى ثلاثة كيلوجرامات من البروتين البشرى سنويا. ولإنتاج الماعز، قام العلماء بإدخال جين البروتين البشرى بداخل بويضة ماعز ملقحة، وللتأكد من أنه نُشِّط بفعالية، وفى الغدة الثديية فقط، أضافوا د.ن.أ أكثر فى مناطق منظمة من الجين المختص ببروتين اللبن؛ سواء مناطق

الـ .د.ن.أ الأخرى التى تساعد فى الحفاظ على مستوى عال من انتاج البروتين، أو القطعة الأساسية من الـ .د.ن.أ التى تمكنهم من القبض على المركب، يتم تضعيفها ثم حقنها داخل الأجنة. وبهذه الطريقة تم إنتاج الماعز بحرص للحصول على أقصى إنتاج من الحليب، وبالتالى أقصى كمية من العقار. يقول جيفرى كوكس رئيس شركة جى تى سى بيوثيرابيوتك إن شركته قد أنتجت ٦٥ من البروتينات ذات الدوائية الكامنة فى حليب الماعز والأبقار المحورة جينيا. إذا أخذنا فى الاعتبار الوقت الأطول من المتوقع للتطوّر الدوائى، وإمكانية حدوث المشكلات غير المتوقعة، والبطء المتزايد لحركة المُنَظِّمات، فإنه ما من أحد سيكون على يقين بالوقت الذى سيلاحظ فيه المجتمع منافع هذه التقنية.

سحر الجينات

بالتوازى مع هذه التطورات، أصبح التعديل الجينى للحيوانات أسهل وأكثر فعالية. واحدة من أهم التطورات هى طريقة جديدة وبالغة الدقة لتأخير عمل الخلية أو إعاقة خططها، أو وقف وإسكات الجينات. وتعتمد على رؤى جديدة فى الأشكال الأقدم من الشفرة الجينية المسماة الحمض النووى الريبوزى ر.ن.أ، الذى طالما اعتقد أنه الجد الأعلى العتيق لابن عمه الساحر الـ .د.ن.أ يتكون الـ .د.ن.أ مثل الـ .د.ن.أ من سلسلة من المركبات الكيميائية – "رسائل". تقوم بشرح أو تهجى الشفرة الجينية، تُمَثَّل الرسائل بواسطة A, C, G وحتى T فى الـ .د.ن.أ، وال U فى الر.ن.أ. عادة ما ترتبط ال C بالـ G، والـ A بالـ T فى الـ .د.ن.أ، والـ U فى الـ .د.ن.أ. بهذه الطريقة ترتبط سلسلة مفردة من الـ .د.ن.أ أو الـ .ر.ن.أ مع سلسلة أخرى تتكون من الحروف المكمِّلة، وهى الخاصية التى يتم استثمارها بواسطة استهداف الـ .د.ن.أ.

كان معتقدا حتى وقت قريب أن الـ .د.ن.أ ينفذ ببساطة تعليمات الـ .د.ن.أ، فى الواقع يقوم بترجمة المعلومات الجينية إلى أفعال. ينحلّ اللولب المزدوج من الـ .د.ن.أ،

وتنسخ شفرته الجينية إلى سلسلة مفردة من الـ .ر.ن.أ الناقل. يقوم الـ .ر.ن.أ الناقل بدوره بالتنقل ذهابا وإيابا من قلب الخلية إلى الريبوسومات، وهى المصانع التى تنتج البروتينات التى تبنى وتشغّل الخلايا. لكن الـ .ر.ن.أ أكثر تعقيدا مما نظن. ظهر أول ملمح لتعدد الاستخدامات فى الـ .ر.ن.أ بعدها ببضع سنوات عندما اكتشف آندرو فاير من معهد كارنيجى فى واشنطن العاصمة، وكريج ميلو من جامعة ماساشوستيس وزملاؤهما أن السلسلة المزدوجة من الـ .ر.ن.أ يمكن أن تستخدم لإيقاف عمل جينات معينة. يستخدم اكتشافهم المسمى ر.ن.أ التداخل أو RNAi بشكل موسع الآن كأداة بحثية. حقيقة أخرى جاء بها كل من دافيد بولكومب، وآندرو هاميلتون العاملين فى مختبر سينسبرى بالنرويج. لقد اكتشفا أجزاء من الـ .ر.ن.أ تسمى الـ .ر.ن.أ التداخل القصير أو siRNA الذى تستخدم خلاياه لمحاربة الفيروسات. وبالرغم من أن عملهما اقتصر على النبات إلا أنهما باكتشافهما قد تمّما الدراسات التى أجراها فاير وميلو على الحيوانات لأن الـ .ر.ن.أ قصير التداخل ماهو إلا أجزاء من الـ .ر.ن.أ مزدوج السلسلة. ويبدو أن تداخل الـ .ر.ن.أ يحدث عندما يتقطّع الر.ن.أ مزدوج السلسلة مُتَجَزِّءًا إلى الـ .ر.ن.أ قصير التداخل. ثم يقوم الـ .ر.ن.أ قصير التداخل بعد ذلك بتوجيه إنزيم يقوم بحل الـ. ر.ن.أ الناقل الذى يحوّل كل جين إلى بروتين. لقد أحدثت هذه التقنية ضجة لأن تسكين الجينات هو أمر بالغ النوعيّة – لأن الـ .ر.ن.أ الناقل سوف ينحلّ فقط فى حالة ما إذا احتوى على تتابع لرسائل A, C, G والـ U كذلك الذى على الر.ن.أ مزدوج السلسلة. هذا يعنى أن الـ .ر.ن.أ الناقل، على سبيل المثال، المأخوذ من جين المرض يمكن أن يُستهدَف بدون الخوف من التعرّض للآثار الجانبية التى يمكن أن تحدث إذا تم تسكين الـ .ر.ن.أ الناقل الآخر المطلوب للخلية الأخرى السليمة. وفى مختبر كولد سبرينج هاربر فى لونج آيلاند، حاول الباحثون أيضا استخدام ر.ن.أ مطويًا على بعضه البعض على هيئة دبابيس الشعر لإبطال عمل جينات معينة. يبدو أنها عملت بنفس كفاءة الـ. ر.ن.أ قصير التداخل، فأعلنوا عما أسموه مازحين "تسكين الجين المُنَشِّط القصير صاحب هيئة دبوس الشعر". أو SHAGging. تتنامى استخدامات ر.ن.أ التداخل بسرعة، وتمنح صيدلانى المزارع تقنيات مفيدة أخرى.

تراجع المزرعة الصيدلانية

لقد قطعنا شوطا طويلا منذ حاولنا الدمج بين الاستنساخ والتعديل الجينى لصنع البروتين الذى يفتقر إليه ستيفن كريسماس. ولسوء الحظ تأخرت مجهوداتنا كثيرا عن تقديم العون له، بالرغم من أنها كانت مؤثرة بالنسبة له فى نهاية حياته، كما كانت فى البداية عندما منح اسمه لذلك النوع من الهيموفيليا. عمل ستيفن لصالح الجمعية الكندية للهيموفيليا، وروّج لحملات سلامة الدم معاونا فى تأمين التعويض المالى للمرضى المصابين بفيروس نقص المناعة المكتسبة فى الانسان، الإيدز، رغم تعويق البيروقراطيين ونفوذ السلطات.

البلازما الآتية من مئات الآلاف من المتبرعين تجمع لصنع منتجات الدم. مثل مركزات العامل IX التى تستخدم لعلاج هيموفيليا B عند ستيفن. فى أوائل الثمانينيات، كانت مركزات العامل غير معالجة حراريا، لأن ذلك كان يقلل من فعاليتها. فى تلك الأيام، كان يكفى وجود متبرع واحد فقط مصاب بفيروس نقص المناعة المكتسبة ليلوّث الكل. ونتيجة لذلك، أصبح ٨٠ بالمائة تقريبا من مرضى الهيموفيليا A المعالجين بهذه الطريقة، وحوالى ٥٠ بالمائة من مرضى الهيموفيليا B المعالجين كلهم، مصابين بفيروس الإيدز HIV-1.

حثّ تقرير للجمعية الكندية للهيموفيليا، جُمعَت مادته كلية من وثائق أرشيفية كشف النقاب عنها ستيفن كريسماس، الحكومة الكندية على منح تعويضات لضحايا مأساة الدم الفاسد. وعلم ستيفن بأنه أصيب على الأرجح أثناء إجراء اختبارات دقيقة لمنتجات الدم عام ١٩٨٧، أى عامين بعدما أصبح الكشف عن فيروس الإيدز فى دماء المتبرعين، والمعالجة الحرارية لمنتجات الدم إلزاميا فى كندا. لقد توفى ستيفن قبل عيد الميلاد بخمسة أيام، عام ١٩٩٣، عن ستة وأربعين عاما. أخوه الأكبر روبين علّق ساخرا على مقتله على يد العامل IX الذى منح ستيفن فى البداية "جرعة من الحياة". فى وقت ما، تزوّج روبين من سيدة يهودية هى ليندا روزينبوم، لكنهما عادة ما احتفلوا بعيد الميلاد على الطريقة الإنجليزية التقليدية (حتى أن ليندا تعلمت كيفية صنع بودينج

البرقوق) لأنهما كانا عائلة ستيفن المقربة الوحيدة."عندما مات ستيفن، مات معه عيد الميلاد" كما قالت، "لكننا نحرص دوما على التحدث عنه في هذا اليوم بشكل خاص، ونشعل شموع التذكّر اليهودية لنحيي ذكراه في كل عام في اليوم الذي توفي فيه."

في السنوات الأخيرة من حياته أصبح ممرورا وغاضبا بسبب لامبالاة السلطات تجاه مأزق مرضى الهيموفيليا المصابين بالإيدز. كما لو كان الأمر تأكيدا لصحة هذه الفكرة، لقد توفي قبل أن تكتمل ورقة عمل حكومية عنيت بالأمر، وبالتالي فإن حالته لم تستفد من بعض التعويض. لكن أصدقاءه وعائلته وصفوا معركته الحياتية الطويلة مع الألم بأنها رحلة البسالة والمعرفة والسلام. "لقد كان جنتلمان مبتهجا، واسع الاطلاع، ومفوّها." قالها أحد أصدقائه وزميله المصاب بالهيموفيليا.

لم يتحقق حلمنا باستخدام قطيع من النعاج، كي يمدّ العالم بمصدر آمن للعامل IX بالسرعة التي أملناها أثناء تلك الأيام المتفائلة عندما ولدت بوللي. ربما توجب علينا أن نعرف، كما هي الحال بالنسبة لأية تقنية ثورية جديدة، أن الأمر سيستغرق أكثر مما توقعنا لكي ينجز. إن تحقيق التوازن السليم بين الضجة الدعائية التجارية، وكل من المداولات الاجتماعية أو العلمية عادة ما يكون صعبا. كما في حالة الحيوانات التي تعدّل جينيا بالطريقة التي تجعل أعضاءها صالحة لزرع الأعضاء الغيري، وهنالك بديل مؤثر نشأ تماما من التقنية التي ساعدت في جعلها ممكنة: النقل النووي من أجل الاستنساخ العلاجي.

وبدلا من المجهودات المبذولة لـ "أنسنة" قلوب الخنازير، تُفضّل الخلايا الجذعية التي تمنح سبيلا لنمو عضلات القلب الخاصة بالمريض نفسه ، لتقوم هي بالإصلاحات. أظل نصيرا متحمسا لاستخدام الاستنساخ لإجراء تبديلات جينية أكثر دقة وأمنا، عما مضى، على سبيل المثال لجعل الحيوانات أكثر مقاومة للأمراض. ومع ذلك فإن ضجة كبرى للغاية قد أثيرت حديثا بواسطة علم الخلايا الجذعية. أنا نفسي تخليت عن العمل في الحقول الموحلة للقيام بالجراحة في مسارح العمليات الخاصة باستنساخ أكياس الجذعة البشرية، ولتنمية مسطحات من خلايا الجذعة البشرية في المختبر.

الفصل السادس

استنساخ من أجل أبى

كان أبى، جاك، مجرد فرد بين ملايين البشر الذين كانت لتساعدهم الخلايا المشتقة من الجنين البشرى. لقد تم تشخيص مرض السكرى لديه وهو فى الثانية والعشرين من العمر فقط؛ وكان قد أنهى للتو درجته الجامعية فى الرياضيات فى كلية ماجدالين بكامبريدج. لقد كان موهوبًا، وعندما تخرّج عام ١٩٣٥، أُتيحت له فرص بحثية. لكن رأسه امتلأت بأفكار أخرى. كان شغوفا بالتدريس، وبدأ يلهم الأجيال التالية بحماسته للرياضيات.

لم يكن جاك ويلموت رجلا ضخمًا، فطوله لم يكن يتجاوز ١٦٥ سنتيمتراً، بينما لا يزيد وزنه على ٦٥ كيلوجرامًا. ومع ذلك لم تكن لديه مشكلة بخصوص القواعد المدرسية. لقد كان لديه حضور عظيم، وفاعل للغاية فى حجرة الدرس. لقد أعجِبْتُ به بشكل هائل. ربما أشبهه قليلا فيما يتعلق بالشخصية؛ أحب أن أفكر بهذه الطريقة. يفترض بعض الناس أننى مدرس فى مدرسة، وأنا بالفعل استمتع بإلقاء المحاضرات فى المؤتمرات، واللقاءات، والمناسبات العامة. لقد خطط أبى ليقوم بالتدريس لعقدين من الزمن فقط، بالرغم من توافر المقدرة والحافز لديه. لقد سلبه مرض السكرى نظره بالتدريج. تدهور إبصاره إلى الدرجة التى أصبح معها مستحيل بالنسبة له أن يقوم بالتدريس فى مدرسة، وعندما أصبح فى الأربعينيات من عمره، صار أعمى. وعلى نحو مذهل تحمّل معاناته بصبر، وأراد أن يعيد اكتشاف نفسه، كمبرمج كمبيوتر هذه المرة وهى حرفة العصر الأهم والأكثر تطورا.

فى تلك الأيام، منحت الحكومة البريطانية برامجا لإعادة التدريب على وظائف أخرى لرجال أصغر فقط. كتب أبى إلى رئيس الوزراء، هارولد ويلسون. لقد شجعه على هذا معرفته بأن رئيس الوزراء يدين بخدمة شخصية لعائلة ويلموت. لقد قام جدى سام بإعطاء ويلسون دروسا علاجية بعد إصابته بحمى روماتيزمية، عندما كان صبيا أقعدته عن الذهاب إلى المدرسة لمدة طويلة. لقد قدّر ويلسون هذا، ولم ينس الجميل مطلقا. تم تغيير قواعد التوظيف، وأصبح أبى قادرا على تعلّم مهارة جديدة تلائم جسمه الضعيف. وأود أن أصدق أن ذلك كان نتيجة استجابة ويلسون لشكوى أبى.

استمرّ أبى فى العمل كمبرمج للكمبيوتر فى شركة يوركشاير إمبريال للفلزات فى ليدز. لكن المرض استمرّ فى مهاجمة جسمه. لقد فقد بالتدريج الإحساس فى رؤوس أصابعه التى يحتاج إليها للقراءة بطريقة برايل، ومرة أخرى اضطرّ إلى ترك وظيفته. قبل أن يموت، فى ١٩٩٤، فقد كثيرا من استخدامات يديه، وجزءا من إحدى ساقيه بالبتر. كأى ابن أو ابنة كنت مستعداً لفعل أى شىء من شأنه أن يخفّف من معاناته، ويجعله فى حال أفضل. لو أنه فقط كانت هناك وسيلة لإيقاف هذا المرض ذى الأولوية، وإمداد جسم أبى بخلايا بنكرياسه المنتجة للإنسولين والتى يفتقر إليها. فذات يوم سيكون ذلك ممكنا ببساطة بواسطة جنين. ستُفصَل الخلايا الجذعية التى تتميز بقدرتها الكامنة على تحويل نفسها إلى أى نوع من بين المائتى نوع من الخلايا الموجودة فى جسم الإنسان من هذا الجنين.

لو سُمِح للخلايا الجنينية بالتمايز، ومن ثمّ اختيرت الخلايا الصحيحة من بين تلك "الخلطة المشوشة" من مختلف الخلايا الناتجة، فإنها قد تشفى جسما متوعّكا ،بل من الأفضل بعد ذلك، أن الخلايا الجنينية يمكن أن تُوجَّه بواسطة عوامل النمو طوال مساراتها التطوّرية الصحيحة لتنتج أنواعا معينة من الخلايا، مقدمة فرصا عظيمة لإصلاح ما خلّفه المرض من آثار، أو حوادث ، أو سقم. لإشفاء والدى ويمكن أن تُحَوَّل هذه الخلايا الجذعية الجنينية الثمينة إلى خلايا جزر لانجرهانز فى البنكرياس. بغض النظر عن توفير خلايا للزرع، والطريقة التى ستستخدم لاختبار العقاقير المضادة

لمرض السكرى، فإن هذا البحث سيعيننا على الاستبصار بتطوّر المرض، وبالطبع، فإن دوللى هى الأم الروحية لكل هذه التطبيقات، لأنها بيّنت بما لا يدع مجالا للشك، أن الخلايا البالغة المتمايزة من الممكن إعادة برمجتها لتصبح جنينية مرة أخرى.

بالنسبة لكثير من الناس، فإن المصطلح الاعتيادى للإجراء الذى قوامه اشتقاق الخلايا من الأجنة المستنسخة وهو "الاستنساخ العلاجى" يرسل القشعريرة فى الأبدان حتى العظم. العديد من الخبراء فى العلم والأخلاقيات مثل مارى فورنوك الفيلسوفة التى ترأست اللجنة البريطانية لتقصى الحقائق حول التلقيح البشرى وعلم الأجنة، قد تساءلوا متعجّبين عما إذا كان استخدام مصطلح "الاستنساخ" قد دمّر هذا الحقل من العلوم؟ لأنه بالنسبة للعامة من الناس قد ارتبط فى أذهانهم بأفكار مروعة، كما أنه محمل للغاية بجملة من المعتقدات والمواقف السلبية. من المفهوم أن البديل الرسمى لهذا المصطلح وهو "الاستبدال النووى للخلايا" كئيب وكثير الإطناب، ولم يتمكن من الرواج. ماذا فى الاسم؟ فى حالتنا هذه، شىء جَلَل. هذه الخلايا البدائية هى المادة التى تُصنع منها أحلام الأطباء.

لا تقدم الخلايا الجذعية الجنينية إمكانية إنتاج خلايا مفرزة للإنسولين فقط لعلاج مرض السكرى، وإنما خلايا عصبية أيضا لعلاج الأمراض التفسّخية، مثل داء باركينسون، خلايا القلب المسمّاة باسم الكارديومايوسايت لعلاج القلوب التالفة، وخلايا أخرى لإصلاح الأكباد التالفة من جراء الالتهابات الكبدية وإدمان الكحوليات. ويمكن أن يتم تحويلها إلى خلايا قلبية لاقطة لاختبار العقاقير القلبية الجديدة أو إلى خلايا عصبية لإعادة التوصيل بين أجزاء من حبل شوكى مقطوع - سمها كيفما شئت - فمن الممكن فعل ذلك. إن ما يسمى فى الحقيقة بالعلاج الخلوى هو عمل بالغ الرسوخ بالفعل. كلنا أَلِفَ فكرة زرع نخاع العظم لعلاج اللوكيميا، ونحن نفهم أن هذا العلاج الراسخ يفشل إذا ما لم يكن النخاع الواهب متوافقا جيدا ، فيقوم النخاع المُطعَّم بمهاجمة مضيفه بدلا من حمايته. كما أن توفّر الخلايا الجذعية طريقة يُعتَمَد عليها للحصول على أنسجة متوافقة من أى نوع.

مبدئيا، تم الحصول على هذه الخلايا من أجنة "احتياطية" مأخوذة من علاجات الخصوبة، ومن المُقَدَّر أن بنكا يشتمل على بضعة دزينات من الخلايا من واهبين مختلفين، يمكن أن يكون ذا فائدة عملية. فمن المستحيل أن يحدث توافق تام مع هذه الخلايا فى هذا البنك. لكن حتى لو أن خطا من الخلية الجذعية أنتج توافقا جيدا، فمن الممكن أن يظل مختلفا عن خلايا المريض على المستوى المناعى بما يكفى لجعله عرضة للمشكلات. بعض المستقبلين للأنسجة المزروعة اضطروا لتناول عقاقير مضادة للرفض تتميز بالقوة والسمية مدى الحياة - عقاقير تزيد من قابلية الجسم للإصابة بالأمراض المعدية، وحتى السرطان -.

باستخدام الاستنساخ - النقل النووى - لتنمية أنسجة المريض نفسه، يمكن للمرء تجنّب حدوث الرفض (مع ذلك تظهر بعض المضاعفات عندما يتعلق الأمر بعلاج مرض السكرى الذى أصاب أبى والتى ينبغى علىّ مناقشتها لاحقا). إن الخلايا الجذعية المشتقّة من كيس الجذعة تمتلك معظم - ولكن ليس كل - الإمكانيات التى تتميز بها البويضة الملقحة حديثا. فبعد البدء كبويضة ملقّحة وحيدة الخلية، ينقسم الجنين إلى ثلاث طبقات مختلفة: المُضْغَة الظاهرة أو الإكتوديرم، الأديم الجرثومى المتوسط أو الميزوديرم، والطبقة الجرثومية الداخلية أو الإندوديرم (جاءت إكتو، وميزو، وإندو من اليونانية بمعنى خارجى، متوسط، وداخلى؛ بينما ديرم تعنى "الأديم"). يتحوّل الإكتوديرم إلى الأعصاب، وبشرة، وبويصلات شعر؛ ينتج الميزوديرم القلب، الدم، والعضلات، ويتحول الإندوديرم إلى الأمعاء والكبد والبنكرياس، والرئتين. يمكن للخلايا الجذعية أن تتحول إلى أىٍّ من هذه الخلايا بطريقة مشابهة.

حتى فى الشخص البالغ الناضج، عادة ما سيكون هناك بعض الخلايا الجذعية التى تكون فى مرحلة متأخرة من النمو عن الخلايا الجذعية الجنينية، وفى نفس الوقت فى طور مبكر من التمايز عن الكبد، المخ، العظام وهكذا. هناك خيار آخر من المفترض أنه سيستخدم خلايا جذعية من النوع الأكثر تطوّرا، والتى يمكن أن تنمو إلى مختلف أنواع الخلايا وتكون بمثابة ذخيرة أصغر، لسدّ النقص موضعيا وإصلاح عضو ما. وما زالت هذه الاستخدامات المتعددة تخضع للفحص. بينما من المعروف أن الخلايا

الجذعية المأخوذة على سبيل المثال من نخاع العظم البالغ تتحول إلى خلايا الدم، وقد تولّدت إثارة عظيمة من التجارب التى بدا وأنها أفضت إلى قدر كبير من التنوع الخلوى منتجة خلايا المخ، والكبد، والأنواع الأخرى. لقد وضعت حركة تأييد الحياة[1] ثقة كبيرة فى هذه الملاحظات، مدّعين بأنهم قوّضوا فكرة استخدام الخلايا الجذعية الجنينية. أنا أيضا أرحّب بأى استخدام للخلايا الجذعية البالغة، لكن يبقى تساؤل بخصوص ما إذا كان معدل الخلايا التى بإمكانها التحوّل كبيرا، كما هو ممكن فى حالة الخلايا الجذعية الجنينية.

قدم أوستين سميث تقريرا، بينما كان يعمل فى معهد أبحاث الخلايا الجذعية بجامعة إدنبره عام ٢٠٠٢ يفيد بأن بعض الخلايا الجذعية البالغة يمكن أن تتحد مع الخلايا الموجودة مُخلِّفة خلايا غريبة تحتوى على ضعف عدد الكروموسومات - ثمانين بدلا من الأربعين كروموسوما المعتادة - ومؤدية إلى عواقب صحية مجهولة. وفى نفس العام اكتشفت كاثرين فيرفيلى من معهد أبحاث الخلايا الجذعية بجامعة مينيسوتا أن الخلايا المأخوذة من نخاع العظم البالغ يمكنها أن تقدم بديلا عن الخلايا لإنتاج خلايا المخ والقلب والعضلات وأى نوع آخر من الخلايا. لكنها أكدت بنفسها على أنه من المبكر جدا عقد مقارنة بينها وبين الخلايا الجذعية الجنينية من حيث المدى العمرى والوظيفة. لقد زُعِمَ بالفعل أن الخلايا الجذعية المأخوذة من النخاع يمكنها أن تنتج عظاما، غضاريف وعضلات، لكن السؤال كان - ومازال - حول ما إذا كانت تلك الخلايا الأخرى قادرة على إنتاج أى شىء أبعد من المدى المتوقع.

أثارت حركة تأييد الحياة جدلا حول وجود دليل على أن الخلايا الجذعية البالغة، كتلك المأخوذة من نخاع العظم، يمكنها أن تتمايز تمايزا عابرا للنوع - تُحَوَّل إلى أعصاب، وقلب، وعضلات، وأنواع أخرى من أجل الإصلاح - وبالتالى يجعل هذا

(١) حركة تأييد الحياة prolife تعارض استخدام الأجنة البشرية فى الأبحاث، وحتى الإجهاض أيضًا. (المراجع).

الدليل من الأبحاث العلمية على الجنين البشرى فائضة عن الحاجة. ومع ذلك يظل أوستين سميث متشككا ومؤمنا بأن هذا الجدل دُفِعَ قُدُمًا للأمام من قِبَلِ الباحثين ذوى الحماسة المفرطة فى الدول التى مازالت تعانى من محدودية شديدة فى البحث العلمى فى مضمار الخلايا الجذعية الجنينية. حتى كيفية تعيين الخلايا الجذعية - دعك من كونها ممكنة - تظل ضبابية حتى وقت كتابة هذا الكلام. "هناك العديد من الأنواع المفيدة من الخلايا الجذعية البالغة" قال سميث، "لكن التغير النموذجى المفترض بأن الدم يمكن أن ينتج المخ والعكس، لم يبق صالحا للاختبار العلمى."

أيضا زُعِمَ بأن الخلايا الجذعية البالغة المأخوذة من نخاع العظم - ضمن مزيج ضخم من الخلايا - يمكنها إصلاح قلب ما، وأن نجاحا قد أُحرِزَ فى مرضى مصابين بأمراض قلبية. لكن سميث يرد على هذا بأنه من غير الواضح ما إذا كانت الأوعية الدموية الجديدة وخلايا عضلة القلب تُنتَج من الخلايا الجذعية البالغة التى حقنت بداخل القلب المريض. بدلا من ذلك يمكن أن تأتى المنفعة من عوامل النمو والبروتينات الأخرى التى تُفرَز بواسطة الخلايا المزروعة وتستثير عملية إصلاح نسيج القلب. ومع هذا ليس كل امرىءٍ سوداويا للغاية.

بنوك الخلايا

لتحديد أى الخلايا الجذعية أكثر فائدة فى علاج مرض معين، ينبغى عقد مقارنة مفصلّة بين الخلايا الجذعية البالغة والخلايا الجذعية الجنينية. هذا أحد الأسباب التى دفعت بريطانيا لتدشين أول بنك للخلايا الجذعية من نوعه فى العالم عام ٢٠٠٤ فى المعهد القومى للمعايير البيولوجية والتحكم الحيوى فى ساوث ميمس، هيرتفوردشاير، حيث تُدَّخَر أمبولات من الخلايا الجذعية البشرية من مختلف الأنواع محفوظة فى النيتروجين السائل لاستعمالها فى المستقبل.

بالنسبة لأولئك الذين ينظرون للبويضة المخصبة على أنها إنسان، ينبغى أن تبدو فكرة بنك الخلية الجذعية بالذات مثيرة للقلق. لأن الهويَّات الجينية لهؤلاء "الأشخاص

يمكن أن تعيش وهى بداخل مُجَمِّداتها إلى مالا نهاية تقريبا. إن الطبيعة الخالدة للخلايا تثير "معضلات استثنائية"، ووفقا لتقرير اللجنة المنبثقة عن مجلس اللوردات حول أبحاث الخلايا الجذعية، كان هناك العديد من الأمثلة على وجود خطوط سلالية من الخلايا "المُخَلَّدَة" التى استخدمت فى البحث العلمى، مما أثار بشأنها تلك المخاوف. ربما كان أشهر هذه الأمثلة يرجع إلى أكثر من نصف قرن مضى من الزمان. فى ٤ أكتوبر عام ١٩٥١، ماتت هنريتا لاكس من جراء سرطان عنقى فى مستشفى جامعة جونز هوبكينز فى بالتيمور. كانت أمًا لخمسة أطفال، هذه تبلغ من العمر ٣١ عاما ربما ظل سبب موتها غامضا لولا خلاياها السرطانية التى تعرف باسم خلايا الـ "HeLa"[١] التى تعد أولى اكتشافات هذه الخلايا التى تزدهر وتتكاثر خارج الجسم البشرى للأبد على ما يبدو. لقد استخدمت خلاياها فى تجارب لاتعد ولاتحصى، بل لقد تم إطلاق خلاياها فى الفضاء.

من الضرورى لتخزين الخلايا الجذعية فى بنك الخلايا، ألا توضع قيود على استخدامها من قبل أبوىّ الجنين الذى جاءت منهما. فى ضوء هذا وفى اعتراف باهتمامات حركة تأييد الحياة لم ينشأ البنك البريطانى إلا بعد عملية مطوَّلة من إمعان التفكير مليا فى العديد من الشئون القانونية والأخلاقية. وبينما استغرق العلماء باهتمام وثقة فى تنمية الخلايا الجذعية إلى مخ وأعصاب وعضلات أو أى نوع مرغوب آخر من الخلايا، كان عليهم التأكد من أن الخلايا نُمِّيَت فى ظروف "ممارسةٍ إنتاجيةٍ جيدةٍ" (يعنى هذا بشكل أساسى تسجيل أى شىء وكل شىء مما يحدث فى أماكن نشاط الخلايا الجذعية) مما يهيئ وضعا مقنعة بالنسبة للخلايا، يُمكِّنها من علاج المريض. إن استخدام الخلايا هو عمل منظَّم للغاية، لقد وضعت الهيئة البريطانية لعلم الأجنة والإخصاب البشرى The Uk Human Fertilization and Embryology Authori-

(١) HeLa : تتكوّن من مقطعين: He وترمز للحرفين الأولين من اسم هذه المرأة (Henrietta) و ال La وترمز أيضا للحرفين الأولين من لقبها ((Lacks المترجمة) .

ty، والوكالة المنظمة للمنتجات الدوائية ومنتجات العناية بالصحة شروطا يجب الوفاء بها. الحائزون على أية براءات اختراع فيما يتعلّق بعمليات إنتاج خط سلالى خلوى يضبطون أيضا كيفية استخدام الخلايا.

الخطوط السلالية من الخلايا من كل مكان فى العالم يُبْعَث بها الآن إلى ساوث ميمس لتخزينها. ويمكن أن تكون خلايا جذعية بالغة مثل خلايا نخاع العظم، أو خلايا من جنين تمّ إجهاضه لأسباب طبية، أو خلايا من جنين مستنسخ أو فائض، مثل كيس الجذعة. وكما قلت من قبل إن الجنين المبكّر يستحق الاحترام ، وكذلك أهداف القائمين على البنك. فسوف تسرّع هذه الخلايا الثمينة عجلة البحث العلمى فى مجال يمنح أملا جديدا لمجموعة من الحالات غير القابلة للمداواة فى الوقت الحالى. سيضمن البنك أيضا أمثل استخدام فاعل لمصدر الأنسجة محل الجدال. ما من أحد يرغب فى إنتاج أو استخدام أجنة بشكل يفيض عن الحاجة. بالإضافة إلى أخذ كل جنين بعين الاعتبار، ومساعدة أفضل العلماء فى العمل على فهم هذه الخلايا، فإن البنك كان حاسمًا فى المساعدة على كسر احتكار الشركات الخاصة والتى يمكن أن تعرقل التقدم العلمى وتتيح علاجات الخلية الجذعية فقط لهؤلاء الذين يملكون الثراء الفاحش.

فمجرد أن تُدفأ وتنمّى فى درجة حرارة الدم فى وجود المغذّيات وعوامل النمو، يمكن استخدام الخلايا الجذعية المُخَزّنة فى تجارب صُمِّمَت لإيجاد طرق يُعوَّل عليها لتحويلها إلى مختلف أنواع الخلايا الموجودة فى الجسم البشرى. بعدما يتكامل العلم، يمكن أن تملأ الخلية المفردة المُجَمِّدات بخلايا مناعية أو خلايا مخ أو قلب أو كبد جاهزة للاستعمال. إن تحويل هذه الخلايا لمختلف الأنواع من الأنسجة سيكون عملا أكثر براعة، وتحويلها إلى أعضاء يبقى فى المنظور البعيد ، كيف يمكن للمرء أن ينشىء هذه الخلايا بدون تلك البيئة المعقّدة والمتطورة للجسم الذى ينمو معها بشكل مترادف ولكن مصدرا جاهزا لخلايا الاستبدال وحده يمكنه أن يحدث ثورة فى علاج مرض الألزهايمر وداء باركينسون، السكتات الدماغية، إصابات الحبل الشوكى، أمراض القلب، والسكرى.

بالنسبة لمعظم الناس يمكن أن يأتى توافق جيد من بنك يحتوى على ١٥٠ خطا سلاليا فقط من الخلايا الجذعية الجنينية، وفقا لما جاء به روجر بيدرسين وفريقه فى كامبريدج بانجلترا. لقد ترك بيدرسين جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو ليستفيد من الموقف الليبرالى تجاه البحث العلمى المتعلق بالخلايا الجذعية الجنينية فى بريطانيا والذى هو أكثر تحررا عن الولايات المتحدة. لقد وجد فى بريطانيا دعما حكوميا لمثل هذا النوع من الأبحاث (فى الوقت الذى قال فيه إن عليه الاختيار بين الظروف "المواتية للغاية، والدعم الهائل" لعمله فى بريطانيا، وإمكانية أن يظل لعدة سنوات قادمة بلا عمل فى الولايات المتحدة) فى كامبريدج، اكتشف فريقه أن ما يقل عن عشرة خطوط سُلالية اختيرت بعناية يمكن أن تكون كافية للوفاء باحتياجات ٤٠٪ من الناس، بمساعدة العقاقير المضادة لعملية الرفض.

الاقتناص العظيم للخلايا

إن التوصيف الذى ظهرت به أبحاث الخلايا الجذعية فى وسائل الإعلام، خلق انطباعا بأن ما تنطوى عليه عملية فصل الخلايا الجذعية المأخوذة من الأجنة البشرية من سبق علمى هو عمل تافه لا يستلفت الأنظار. هو ليس كذلك. فقد سُجِّل أول نجاح فى ١٩٩٨، بعد ست سنوات من المحاولة، وبعد عقدين تقريبا من أول نجاح لهذا العمل فى الفئران على يد فريق بريطانى. اشتُقَّ أول خط سلالى من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية بواسطة جيمس طومسون وفريقه فى جامعة ويسكونسين فى ماديسون. عندما نشرت مجموعته هذا السبق العلمى فى دورية العلم فى نوفمبر من ذلك العام، قال طومسون،"إنه سبق لم يعد يخصّ دنيا الخيال العلمى. إنى مؤمن حقيقة بأننى سأشهد خلال سنوات عمرى أمراضا شفيت بهذه العلاجات."

وقد رُخِّصت الخلايا لصالح شركة جيرون فى كاليفورنيا، الأمر الذى يدل على أن الاهتمام التجارى باستخداماتها الإكلينيكية كان عظيما آنذاك. بعدها ببضعة أيام فقط، أعلن جون جيرهيرت من جامعة جون هوبكينز نجاحه فى استزراع خط سُلالىّ

من الخلايا الجذعية المأخوذة من الخلايا الجرثومية للأجنة المُجْهَضَة. "إن الامكانيات التى تنطوى عليها هذه الخلايا المتفرّدة والمتنوعة بالنسبة للدراسات الحيوية على البشر، والطب هائلة،" كما ذكر جيرهارت مستطرداً. "هذه الخلايا سوف تمكننا بسرعة من دراسة العمليات الحيوية داخل جسم الإنسان بطريقة لم نستطعها من قبل. فبدلا من الاعتماد على الفئران او البدائل الأخرى للأنسجة البشرية، ستتوفّر لدينا مصادر متفرّدة تمكننا من البدء فى تطبيقها فى الطب."

منذ ذلك الوقت ، نادرا ما خلت العناوين الرئيسية فى الصحف من أخبار الخلايا الجذعية المأخوذة من الأجنة البشرية، وتحول مركز جاذبية البحث من الغرب إلى الشرق، مع فرق فى الصين، وسنغافورة، وإسرائيل مُنجزين تقدما سريعا. لكن الأمر استغرق من الباحثين فى بريطانيا خمس سنوات ليلحقوا بالمنجزات الأولية التى تحققت فى أمريكا الشمالية. لقد أثبتت عملية فصل خط سلالى للخلايا الجذعية وجود صعوبة استثنائية: لم يحتج الباحثون لـ "أيدى ماهرة" فقط لينجحوا، ولكن كان لزاما عليهم أن يحصنوا تجربتهم ضد العدوى والتلوث، أو المستعمرات التى تتبدّل إلى خليط من نسيج آخر.

درسنا عمل طومسون الأصلى الخاص بالخطوط السلالية للخلايا، مثلما فعلت مجموعات أخرى عديدة. ومثل العديد من المجموعات الأخرى فى انجلترا، وبينما كانت المجموعة فى روسلين مهتمة بفصل أول خط سلالى كامل الصفات من الخلايا الجذعية المأخوذة من أجنة البشر. اهتم عدد من المجموعات الأخرى بالقيام بالمحاولة: مجموعة فى إدنبره بقيادة أوستين سميث، ومجموعة بيتر أندروز وهنرى مور فى شيفيلد، وميودراج ستويكوفيتش، ماجليندا لاكو وأليسون ميردوخ فى مركز الحياة فى نيوكاسيل، ومجموعة ستيفن مينجر – أمريكى آخر – وسوزان بيكرينج فى كلية كينج بلندن.

كان فريق كينج أول من أعلن نجاحه على شبكة الإنترنت فى الدورية الإليكترونية الطب الحيوى التكاثرى أون لاين. وصفت ورقتهم البحثية كيف أنتجت خلايا كينج

الجذعية جزيئين مُميّزيْن للخلايا الجذعية المأخوذة من الأجنة البشرية، بالإضافة إلى أخرى وجدت منتشرة فى الخلايا الجذعية الأخرى. كان هذا مرجّحا، لكنه ليس دليلا صلبا على أنه كان لديهم خلايا مراوغة لكنهم شعروا بأنه لا ضمانة لنشر عملهم رغم ذلك، لأنهم استخدموا فيه أجنة لم تفلح عمليات فحصها فى الكشف عن وجود أية أمراض جينية خطيرة بها (بواسطة طريقة تسمى التشخيص الجينى الممهد للزرع، حيث تزال خلية من الجنين المبكر لتحليلها، والتى أناقشها فى الفصل التاسع). عادة ثمة خشية من أنه لو كانت الأجنة ذات نوعية رديئة فى وجه أو آخر، فلربما يكون من المستحيل اشتقاق خط سُلالى من الخلايا الجذعية واعتبر فريق كينج أن الأمر يستحق إعلان أنهم ساعدوا فى إيجاد مصدر للخلايا الجذعية (على الأقل بالنسبة للنفعيين) أكثر أخلاقية بحيث يمكن استخدامها.

انتهى السباق على المركز الأول فى إحراز السبق فى إنجلترا بالتعادل. ورغم ذلك، كان فريق نيو كاسيل ينمّى خلاياه الجذعية منذ بداية عام ٢٠٠٣، لكن النشر تأخر وبالتالى تمكن الفريق من زرع الخلايا فى الفئران منتقدة معدومة للجهاز المناعى ليستبينوا إذا ما كانت الخلايا تتحول إلى أورام مسخية – أورام تتألف من خليط من جميع أنواع الخلايا – واعتبرت هذه التجربة اختبارا جوهريا لمعرفة ما إذا كانت الخلايا متعددة الفعالية قادرة على التحوّل لأى نوع. لم يشعر فريق نيو كاسيل الذى اشتق الخلايا الجذعية من مصدر أكثر من عادى – الأجنة الفائضة عن الحاجة من بقايا عمليات التلقيح خارج الجسم – لم يشعروا بأنهم يستطيعون نشر عملهم حتى يُتمّوا هذا الاختبار. إن بزوغ فجر كاذب لاح مبكرا فى علم الخلايا الجذعية البريطانية كان من شأنه تأكيد ما ينطوى عليه الاندفاع المتعجل لنشر البحث العلمى من مخاطر. ففى أغسطس من عام ٢٠٠٢ أعلن أحد البرامج الإخبارية لهيئة الإذاعة البريطانية – والذى يتصف بحماسه المتطرّف – أن مجموعة كينجز قد حققت سبقا علميا فى هذا المضمار. غير أن الخط السلالى قد فقد فيما بعد بسبب التلوّث.

خلايا روسلين الجذعية

لقد بدأت الجهود الجادة لإنتاج الخلايا الجذعية فى روسلين فى مايو من العام ١٩٩٩، عندما وقع المعهد اتفاقية بحث فى الخلايا الجذعية الجنينية للبشر؛ وقد وُقِّعَت هذه الاتفاقية مع شركة جيرون الأمريكية ومقرّها كاليفورنيا. وكجزء من هذا البرنامج فقد أنشأنا معملا إكلينيكيا لعزل وتنمية الخلايا الجذعية برئاسة باول دى سوسا ويدعمه المشروع الأسكتلندى ومجلس البحث الطبى. ومثل مجموعات العمل الأخرى، أصابتنا فكرة الإجابة على سؤال غاية فى البساطة بالإثارة: لو أن بإمكان الطبيعة أن توجِّه خلية مفردة غير متخصصة من أفضل الأنواع - الخلايا الجذعية الجنينية - لتنميتها إلى أعداد من الخلايا المتخصصة مثل خلايا القلب والعظام والعضلات.. إلخ، فلماذا إذن لا نستطيع نحن؟

أردنا أن نستخلص لبّ "الجذعية" ونميط اللثام عما يسمح للخلايا الجذعية بالتخصص، كى تصبح عضوا فى قبيلة، سواء كانت قبيلة الجلد أو العين. كانت هناك العديد من العوامل المعروفة بتأثيرها على كيفية تحويل الخلية الجذعية إلى خلية أديمية داخلية، وهى تلك الخلية التى كانت تستطيع المساعدة فى إعادة بناء بنكرياس أحد مرضى السكرى مثل أبى. إن التحدى الذى يواجه فريقى البحثى وكل الفرق البحثية الأخرى هو فكّ شفرة كل عناصر البيئة الكيميائية المعقّدة داخل الجسم، والتى يُعَوَّل عليها فى تقرير مصير الخلية الجذعية.

لقد قُدِّر عدد المسارات فى الجسم بحوالى عشرين مسارا تحكمها الهرمونات وعوامل النمو التى تتحكّم فى كيفية تحوّل الخلية الجذعية إلى خلية محددة النوع. ومثل كل الفرق البحثية الأخرى، كنا نبحث فى كيفية دمج كل المسارات العشرين بطريقة نظامية ، وذلك باستخدام الوسائل الأوتوماتيكية. فمن الممكن، على سبيل المثال، أن نصفّ الخلايا فى مائة أو أكثر من الحفر الصغيرة المنظمة على صحاف مستدقة، ثم نستخدم وحدات الروبوت كى تتحرك بين الحفر وتبدّل الظروف تباعًا بما يمكّننا من إجراء التجارب عليها جميعا بصورة تلقائية. بالإمكان الترتيب لتحديد نسبة الارتفاع

أو الانخفاض فى التركيزات، من أعلى لأسفل فى كل مركبيْن كيميائييْن مختلفيْن من حيث الطريقة الإجرائية، من اليسار إلى اليمين ومن أعلى لأسفل فى الصف، وذلك بغرض اختبار تأثير كلا التركيزين على السهولة التى نتمكن بها من تحضين وتنمية وتمييز الخلايا. وباستخدام مائة من الصحاف المستدقة تمكّن الباحث من النظر إلى عشرة آلاف من عمليات دمج الظروف المختلفة، وفى غضون بضعة أسابيع تكتمل مجموعة من التجارب التى تجعل مختبرا تقليديا منشغلاً لمدة عام. ومن الميزات الإضافية أن هذه الصحاف المستدقة تُشَغل بأقل عدد من الخلايا، وعوامل النمو، والمواد الثمينة الأخرى (فتكلفة البروتينات البشرية باهظة للغاية). باكتشاف وصفة دقيقة يمكن اعتمادها لتحويل الخلية الجذعية إلى النوع المطلوب وقلّلنا أيضا من حدة خطر الأمراض المعدية فى الإنسان والحيوان. إن الطريقة التقليدية لتنمية الخلايا الجذعية الجنينية البشرية تتم عن طريق تغذيتها على خلايا "مغذية" لحيوان (فأر عادة) فى بروث[1] - وهى طريقة غير علمية كما هو واضح ، تحتوى على مصل دم مأخوذ من جنيـن عجل، خليط معقّد من مواد ذات طبيعة عمل غير مفهومة على الوجه الأكمل.

فى عام ٢٠٠٥، تأكدت مخاطر هذا الأسلوب عندما تم اكتشاف تلوّث فى الخطوط السلالية "الرئاسية" للخلايا الجذعية الجنينية البشرية ، وقام الرئيس جورج دبليو بوش فى عام ٢٠٠١ بتقليص التمويل الفيدرالى المخصص لتطوير علاجات جديدة إلى الأعداد المحدودة من الخطوط السلالية للخلايا الجذعية الجنينية البشرية المتاحة فى ذلك الوقت وهى الحركة التى أزعجت النفعيين والمتزمتين على حد سواء. اكتشف آجيت فاركى من جامعة كاليفورنيا سان دييجو، وفريد جيدج من معهد سولك

---

(١) الحساء أو المرق (المترجمة).

أن الخطوط السلالية تحتوى على مادة غريبة، هى إن حمض الجلايكولايل نيورامينى، وافترضا بأنه لو تم إدخال تلك الخلايا بما تحتويها من مادة غريبة لكان حدوث ردة فعل مناعية أو حدوث الرفض للخلايا المزروعة أمرا كبير الاحتمال.

منذ تلك الانتكاسة، والخطوط السلالية للخلايا يتم اشتقاقها فى روسلين بواسطة بول دى سوسا مدعوما من شركة جيرون. لقد تمت تنميتها بمساعدة خلايا ليفية مأخوذة من القُلْفَة البشرية[1]، والصفائح النسيجية الرقيقة فى الإنسان، ومن المشيمة، لكن الأمل هو أن نتمكن ذات يوم من الحصول على المكافىء البشرى الذى يحل محل الماء الذى يذاب فيه بعض المغذيات بالنسبة للنباتات، حيث تستبدل التربة بمحلول يحتوى على المغذيات. لقد أردنا أن نتخلص من الخلايا المُغَذّية كلية وبالتالى نعرف بدقة ما الذى تتغذى عليه خلايانا الجذعية، ونستطيع أن نضمن بأن الوصفة الغذائية سوف تنتج خلايا من النوع المطلوب. يجب أن نحصل على وصفة صحيحة بشكل مطلق إذا ما كانت هذه الخلايا فى سبيلها لأن تصبح آمنة للاستخدام. فلو أن الخلية الجذعية تصرفت بجنون، فإن النتيجة ستكون فى هيئة نوع من السرطانات يسمى بالورم المسخى، وهو شىء غريب على نحو بشع، كما أنه ضريبة كون الخلايا الجذعية على ذلك القدر من المرونة. يتألف الورم من خليط من الأمعاء، والعضلات، والأعصاب، والأسنان، وخصلات الشعر ، وحتى أجزاء طبق الأصل من الأصابع والأقدام ، وقد ذكرته سابقا كأحد معايير تعددية القدرة فى الخلايا. علينا التأكد من أن العلاج لن يكون أسوأ من المرض.

فى نهاية الأمر، يأمل جون ماكواير مع الزملاء فى جامعة إدنبره بأن يحول الخلايا الجذعية إلى خلايا عظمية وغضروفية، بينما يدرس فريق وى كوى فى روسلين كيفية صنع خلايا كبدية لاختبار العقاقير (لأن إنزيم السايتوكروم **P450** الموجود فى الكبد يقوم بتكسير معظم العقاقير) وإنتاج النوع المضبوط من الخلايا الدماغية لعلاج

---

(١) القلفة: جلدة الذّكر التى تُقطع فى الختان (المترجمة).

داء باركينسون. بالإضافة إلى استخدام الخطوط السلالية البشرية المؤسسة، ويحاول زملائى خلق خطوط سلالية جديدة فى ظروف استنبات محددة. أحد مصادر الحصول على خطوط سلالية جديدة هو أكياس الجذعة المأخوذة من عيادات التلقيح خارج الجسم التى كانت إما فائضة عن الحاجة أو تلك التى فشلت فى الفحص الجينى للأمراض الخِلْقية وكانت لتستبعد وتنبذ بطريقة أو أخرى. بدلا من ذلك، ومع الحصول على إذن من الوالدين، يمكن استخدامها فى التجارب. سيقبل معظم الناس بكون هذا مصدرا أخلاقيا للخلايا وخاصة مع الأخذ فى الاعتبار المصير الاعتيادى لأكياس الجذعة تلك.

الخلايا العذراء

مع ذلك يوجد مصدر بديل للخلايا الجذعية الجنينية البشرية والذى لا يعد – أو على الأقل ينبغى ألا يعد – بمثابة حياة بشرية. تم تنمية الجنين البشرى موضع المناقشة من بويضة تم خداعها لتنقسم وليس من بويضة مخصبة. إنه كما لو أن الأمر ممكن لبرهة، أن نضرم أو نُنَشِّط من جديد بعضا من الآليات الكيميائية القديمة والتى تُمَكِّن المخلوقات وحيدة الخلية من استنساخ نفسها. لقد منحتنا الهيئة العليا للتلقيح وعلم الأجنة البشرية HFEA أنا وبول دى سوسا إذنا للسعى وراء تنفيذ فكرة ترجع إلى البداية المطلقة للحياة على سطح الأرض واستمدت اسمها من الكلمة اليونانية القديمة Parthenogenesis التى تعنى حرفيا "الولادة العذرية". إحدى الإشارات المبكرة للولادة العذرية يمكن إيجادها فى الأساطير اليونانية عندما ولدت أثينا من جبهة زيوس (يسمى معبد أثينا فى الأكروبوليس بالبارثينون Parthenon لهذا السبب تحديدا).

يمكن لمعظم النباتات أن تتكاثر بواسطة التوالد العذرى، وكذلك تفعل كل الفطريات والعديد من الحيوانات مثل المرجان. تتراوح الأمثلة الأخرى بداية من

الأرقة[1]، والنحل، ذكر النحل الذى يأتى من بويضة غير ملقحة، وحيات الغابات ذوات الأجراس، والعظاءة المسماة بـ "سحلية يسوع المسيح" لقدرتها على المشى فوق المياه. حتى الديك الرومى يمكنه التكاثر بهذه الطريقة. لكن التوالد العذرى لا يمكنه إنشاء ذرية بشكل طبيعى فى الثدييات مثل الإنسان. والسبب هو ضرورة إنجاز هذا بواسطة عملية تسمى الدمغ، والتى بموجبها يقول الأم والأب كلمتهما فى الكيفية التى تستخدم بها الجينات.

فأى محاولة لدفع بويضة ثديية غير مخصبة للتنامى حتى نهاية الحمل محكوم عليها بالاخفاق بسبب الدمغ، وهى الظاهرة التى سأوضحها بالتفصيل فى الفصل الثامن. وبالرغم من أنك ترث نسختين من كل جين واحدة من كل والد، فإن واحدة منهما فقط تستخدم فى الجسم. تتحكم عملية الدمغ فى أيهما سوف يستخدم ، النسخة التى من الأم أو النسخة التى من الأب. بهذه الطريقة، تشكل الأمهات والآباء الطريقة التى تستخدم بها وراثتهم الجينية. فى الثدييات يُعْتَقَدُ بأن خمسة وسبعين جينا (ربما أكثر بكثير) من الجينات ذات الوظائف المتنوعة والمهمة أثناء النمو يتم تنظيمها بهذه الطريقة، لذا ينبغى أن يتم توريثها من الوالد الصحيح حتى ينجح الحمل.

وتعد الجينات المدموغة أساسية لخلق المشيمة – حبل الحياة الذى يتدلى بين الجنين والأم – إن إعاقة دمغ الجينات الأخرى يرتبط بحدوث الفصام العقلى، نقص المناعة، وعدة أشكال من السرطانات. تُفَسِّرُ عملية الدمغ أيضًا السبب وراء حدوث متلازمتىّ برادر ويلى وآنجل مان، ويصاحبهما حدوث تخلف عقلى ومجموعة من المشاكل الأخرى: تبدأ عندما يفشل الطفل فى أن يرث النسخة الأبوية من الكروموسوم

---

(١) الأرقة: حشرة تمتص عصارات النبات (المترجمة).

الخامس عشر، أو أن يفشل فى أن يرث النسخة الأمومية منه بالترتيب. وتفسر عملية الدمغ عدم وجود المواليد العذريين. ولا يستطيع الجنين أن ينمو بدون إسهام جينى من الأب، على الأقل حتى نهاية الحمل.

الفأرة ذات الأُمَّيْن

لقد بدأنا مجهوداتنا للعمل على التوالد العذرى فى روسلين قبل مولد القارضة المميزة الذى أكد على أهمية عملية الدمغ، وكيفية نشوئها، وأيضا كيفية تحدّيها. كاجويا الفأرة تشارك مع دوللى النعجة فى قائمة المخلوقات التى انتزعت صدارة عناوين الصحف ودفعت بآخر ما وصل إليه العلم إلى المضى قدما. من المفترض أنها جاءت إلى هذا العالم من خلال التوالد العذرى، على الأقل طبقا للدورية التى أعلنت هذا السبق العلمى، ورغم ذلك ثار بين العلماء جدل حول ماذا يُسَمُّون فأرة ذات أمين بدلاً من واحدة.

وثبت كاجويا على العقبة الضخمة ظاهريا والمتمثلة فى الدمغ الذى يمنع جنين التوالد العذرى الثديى – البارثينوت – من النمو. لقد ولدت فى عام ٢٠٠٤ كثمرة لجهد قام به توموهيرو كونو من جامعة طوكيو للزراعة مع زملائه فى اليابان وكوريا. وبدلا من ضم الشفرة الجينية المدموغة للذكر والأنثى كما يحدث بصورة طبيعية بعدما تتقابل البويضة والحيوان المنوى، قام كونو بضم الشفرة الجينية الأنثوية من بويضة أكبر مع شفرة جينية أنثوية أخرى "شبيهة الذكر" تم تخليقها من تركيبة جينية لبويضة شابة والتى كانت خالية من معظم عمليات الدمغ. لإضفاء الطابع الذكورى على الشفرة الأنثوية عديمة الدمغ، وقام باستخدام الهندسة الوراثية لإزالة جين يسمى H19 من البويضة الشابة، وبالتالى كان يستخدم فى البويضة الكبيرة فقط. وكنتيجة لإزالة هذا الجين، بدأ إنتاج عامل قريب الشبه بعامل النمو (بلغة الجينوم) Igf2 الذى ينتج

أو يصنع بشكل طبيعى من الشفرة الذكرية فقط. يلعب عامل النمو هذا دورا هاما فى نمو المشيمة والأنسجة الأخرى. سُمِّى أول حيوان ثديى له أُمَّيْن كاجويا على اسم أميرة فى الحكايات الخرافية اليابانية ربيت لتصبح أنثى بالغة صحيحة البدن وكانت قادرة على إنجاب الذرية بالطرق التقليدية.

دعمت كاجويا النظرية التى تفسر سبب نشوء ما تنطوى عليه عملية الدمغ من شأن متفرد فى الثدييات. قدم هذه النظرية دافيد هيج وزملاؤه فى جامعة هارفارد، حيث تستنتد إلى الملمح الأساسى الأكثر أهمية للحياة كلها – الرغبة المُلِحَّة لنشر المرء لجيناته فى الجيل القادم – ينتج الدمغ عن معركة نشوئية بين الجنسين عاكسة أجندة العمل الجينية المختلفة لكل والد منهما طبقا لهيج. للتعبير عن هذه النظرية ببساطة، كل من الأبوين يريد تمرير جيناته لذريته بينما مازال يلبِّى نداء الرغبة الأنانية عنده لـ "ضاعفنى". ينشأ الصراع لأن جينات المرأة تعبر أيضًا عن مصالحها – لا عن مصالح الرجل – فى واقع الأمر، والعكس بالعكس.

يريد الأب لذريته أن تنمو ضخاما، وسوف يمنح هذا ذريته – وجيناته – فرصة أفضل للبقاء وربط موارد الأم، كى لا تتبدد على ذرية رجل آخر. من ناحية أخرى، ينبغى على النساء أن يتقاسمن غذاءهن ومواردهن الأخرى مع الطفل المقبل، والتقليل من الخطر الذى ينطوى عليه النمو الجنينى المفرط الذى يمكن أن يكون مميتا. تريد الأم أيضا أن تستمر فى تمرير جيناتها إلى أطفال المستقبل. يؤدى هذا إلى مباراة نشوئية فى المصارعة الذراعية[1] حيث تناضل الجينات الأبوية لزيادة وزن وعضلات الذرية، بينما تضبط الجينات الأمومية النمو وتسيطر عليه، وإنما يفشل النمو فى حالة التوالد العذرى فى الإنسان وأجنة الفئران لأنها تحتوى على نسخة مزدوجة من الجينات الأمومية التى تحدّ من النمو ولكن ما من منافسين أبوين مثل Igf ٢ لتعزيز

(١) المصارعة الذراعية (رست): مصارعة يجلس فيها المتباريان وجهاً لوجه ويحاول كلّ منهما أن يلوى ذراع خصمه إلى أسفل (المترجمة).

النمو. لقد تغلبت كاجويا على هذه العقبة، لكن الكيفية التى أجرى بها فريق طوكيو تعديلهم الجينى البسيط للحصول عليها ما زالت لغزا غامضا، حتى وإن حدث هذا فى محاولة واحدة فقط من بين ٤٥٠ محاولة أو أكثر.

فى محاولاتنا لم نكن نحاول صنع كاجويا بشرية. لقد اعتقدنا أن الوليد العذرى البشرى يمكنه تقديم العون لعملنا على الاستنساخ العلاجى، بينما كنا نحاول تجنُّب بعض القضايا الأخلاقية. ولم يتطلب الأمر استخدام التعديل الجينى، إذ بدا أن عمليات الدمغ تعلن عن معظم آثارها فى مرحلة متأخرة من النمو مما يجعل أمر تحديها لعدة أيام ممكنا. يمكن أن تُدفع البويضة البشرية للانقسام بواسطة صدمة كهربية أو جرعة من المواد الكيميائية. ويمكن خداع البويضة غير المخصبة أيضا بواسطة المواد الكيميائية لتحتفظ بمجموعة الكروموسومات التى كانت تنبذها وتتخلص منها فى الجسم القطبى. (فى التكاثر الجنسى الطبيعى، تفقد البويضة نصف كروموسوماتها، ولذلك فإنها حين تندمج مع الحيوان المنوى أثناء الإخصاب يستعاد العدد الكامل من الكروموسومات فى الجنين الناتج.)

النتيجة هى وليد عذرى يحتفظ بالمجموعة الكاملة من الـ د.ن.أ الخاص بامرأة واحدة. بالرغم من أنه لا يستطيع النمو لأكثر من بضعة أيام ، الوليد العذرى يعيننا على إدراك أعمق لعملية الدمغ، ويمثل مصدرا للأجنة التى يمكن استخدامها فى تعلم كيفية اشتقاق الخلايا الجذعية. ليس مؤكدا إن كانت هذه الخلايا سيمكن استخدامها لعلاج المرضى بسبب الأخطاء التى تحدث فى عملية الدمغ. ومع ذلك، إذا لم تتداخل هذه الأخطاء سلبا ، يمكن استخدام تلك الخلايا المأخوذة من الوليد العذرى لمداواة المرأة التى وهبت بويضاتها للتكاثر العذرى. أثناء العملية الطويلة لنمو البويضة (الانقسام الميوزى) يتم خلط جينات والدى المرأة معا بواسطة عملية تسمى التوليف، وبالتالى فإن بويضاتها لها تركيبة جينية مختلفة. مع ذلك، ينبغى ألا "تبدو" دخيلة بالنسبة للجهاز المناعى لواهبة البويضة، وقد تكون الخلايا ذات قيمة فى العلاجات التى

ربما لا تشترط تطابقا نسيجيا تاما لتجربتها مثل تخليق خلايا عصبية لزرعها فى المخ لعلاج داء باركينسون (المخ لديه "امتياز مناعى" وبالتالى فهو أكثر تقبلا للأنسجة الدخيلة). يعطينا التكاثر العذرى أيضا فرصة لخلق خط سلالى من امرأة لديها مرض جينى خطير كى تتسنى دراسة الآثار الخلوية للمرض فى حالتها بالتفصيل.

يساعدنا برنامج التوالد العذرى أيضا فى أكثر أجزاء بحثنا على الخلايا الجنينية جدلا فى روسلين: استخدام النقل النووى لإنتاج الأجنة. لأن جزءا من طريقة النقل النووى يشتمل على استخدام الكهرباء أو الكيماويات لدفع البويضة المعاد بناؤها للانقسام، فإن الطرق المشابهة – "بروتوكول التنشيط" – تستخدم لخداع البويضة ودفعها للانقسام لتكوين وليد عذرى يزودنا بمعلومات حيوية عن أفضل طرق إنجاز هذا العمل و لوضع عملية التنامى فى المسار الصحيح.

لا تقل ثانية مطلقا أبدا.

فى نفس العام الذى حصلنا فيه على رخصة لتخليق وليد عذرى بشرى، بدأ بعض العلماء فى الشك بأن البشر على وجه الخصوص ربما يكونوا مستعصين على الاستنساخ. لقد نسوا بالطبع الدرس الرئيس المستفاد من علم التكاثر الحديث: لا تقل مطلقا أبدا. فى عام ٢٠٠٣ لاحظ جيرالد شاتين مدير مركز بتسبرج للتنامى وجود ما أسماه بالـ"العقبات الجزيئية" التى أوقفت نمو الخلية الطبيعى فى أجنة قردة ريسس الأسيوية المستنسخة. لقد جرب فريقه أربع طرق مختلفة للاستنساخ على ٧٢٤ بويضة مأخوذة من إناث قردة ريسس الأسيوية. لم تنفصل الكروموسومات بطريقة سليمة عندما انقسمت الخلايا فى كل الأجنة الناتجة.

إن شد الكروموسومات عن بعضها البعض وانفصالها لقسمين متساوين فى النواتين الوليدتين لهو عملية جوهرية فى انقسام الخلية. لإنجاز هذا تقوم الخلية باستخدام السيتوبلازم لبناء تركيب يسمى بالمغزل لصفّ وفصل الكروموسومات بدقة.

يعتقد بأن حدوث خلل فى المغازل الموجودة فى الأجنة البشرية قبل الزرع بسبب تضاعف غير طبيعى للكريات المركزية (المراكز المُنَظِّمَة والمادة التى سيتكون منها المغزل فى الخلية)، يعتقد بأنه أحد أسباب الاختلالات الكروموسومية المتعددة فى المراحل المبكرة من النمو البشرى.

وكنتيجة للاستنساخ اكتشف شاتين مع ذلك تراكيب مغزلية "مشوشة" وأعداد غير متساوية من الكروموسومات. حتى أكثر البروتينات قاعدية والتى تدخل فى تكوين المغزل كانت غائبة أو غير فاعلة بكفاءة. استنتج شاتين بأنه عندما يتعلق الأمر بالرئيسيات والبشر سيكون الاستنساخ العلاجى عسيرا، و"الاستنساخ التكاثرى"- خلق أطفال رضيعة مستنسخة – مستحيل تقريبا – ويبدو هذا مفرطا فى التشاؤم. ربما فى الرئيسيات من غير البشر، تقوم الإجراءات الطبيعية لإزالة المعلومات الجينية من البويضة (نزع النواة) بإقصاء شىء ما مهم من السيتوبلازم. ربما يستبعد أيضا البروتين الذى يشارك جزئيا فى تكوين المغزل مخربا عوامل نجاح التنامى. كما هو الحال دوما، فإن تغيرات بسيطة فى طريقة الاستنساخ الأساسية تمكننا من التغلب على هذا. على سبيل المثال، يمكن وضع نواة الواهبة فى البويضة قبل إزالة جينات البويضة. وقد استنتج مقال نشر فى دورية العلم بأن،"هناك سبلاً محتملة فيما يخص العوائق المكتشفة حديثا، ولكن حتى الآن من غير المرجح أن تنجح تلك المجموعات البحثية التى أطلقت الادعاءات المثيرة للجدل حول مقدرتها على استخدام نفس تلك التقنيات التى أنتجت بواسطتها دوللى النعجة فى إنتاج أطفال رضع."

ومع الأخذ فى الاعتبار الضغوط التى تمارسها كريستيان رايت (الحق المسيحى) على المجتمع العلمى الأمريكى، فإن المرء لا يستطيع أن يتمالك نفسه من التساؤل بعجب بخصوص ما إذا كان بعض العلماء يتوقون إلى وجود عقبة تكنيكية فى الطريق يمكنها أن تقضى بطريقة ما أو بأخرى على كل الآمال المتعلقة بالاستنساخ التكاثرى، حتى الآن فلنحفظ الوعود العريضة بالاستنساخ العلاجى على قيد الحياة. كانت أصداء البيان الرسمى الكئيب لسولتر عن إمكانية استنساخ الثدييات جلية بوضوح. كان هناك أيضا الكثير من الأصداء البعيدة لرغبة الإنسان الدهرية فى الشعور بالتميز

والتفرد، وبأنه منفصل بطريقة أو بأخرى عن النعاج، والبرمائيات، وباقى الكائنات فى مملكة الحيوان.

اللوردات .. رجال القانون .. وروسلين

أعلنتُ فى العام السابق لنشر شاتين ورقته البحثية التى بعث فيها الشك حول قابلية تطبيق الاستنساخ البشرى، بأن روسلين ستتقدم بطلب بالتعاون مع كريستوفر شو من معهد الطب النفسى فى لندن لما توقع قطاع عريض من الناس أن يكون أول رخصة فى بريطانيا لاستنساخ أجنة بشرية. لقد ناقشت ذلك لأول مرة على الملأ عام ٢٠٠٢ فى مؤتمر فى برلين. وبالرغم من أن استنساخ الأطفال الرضع عمل غير قانونى، فإن الاستنساخ العلاجى قد أُبيح ذلك العام، بعدما صوت مجلس العموم ومجلس اللوردات على قانون يجيزه بأغلبية كبيرة. كان إدراكنا ضئيلاً بأن مشروع روسلين سيواجه معوقات عديدة. جاءت أول إحالة للموضوع للهيئة العليا للإخصاب وعلم الأجنة البشرية HFEA من مجموعة بريطانية أخرى، بينما أنتنجت الأجنة البشرية المستنسخة بشكل مقنع (كما بدا) فى الجانب الآخر من العالم.

ومع ذلك، فقد توجب علينا الانتظار حتى تهدأ العاصفة الرملية التى أثارتها الإحالات القانونية للـ HFEA من قبل أعضاء حملة الحق فى الحياة. كانت هذه العقبة مقبولة تمامًا، إذ أنه من الضرورى تمهيد طريق قانونى واضح المعالم أمام البحث العلمى. سبب آخر لإعاقتنا تمثل فى التزام HFEA بتوصيات اللجنة المنبثقة عن مجلس اللوردات التى اشترطت بألا ينبغى أن تستنسخ الأجنة للبحث العلمى إلا بوجود حاجة استثنائية لا يمكن الوفاء بها باستعمال الأجنة الفائضة. يبدو التضمين الذى مفاده بأنه من المطلوب تقديم تبرير محدد لاستنساخ الأجنة بأنه يتعارض مع قبول اللوردات بأن الأجنة المستنسخة ذات نفع للبحث العلمى.

تهاوى المشروع أكثر عندما أصبحتُ غارقا فى مستنقعٍ من الأعمال الورقية، وهى إحدى أعظم المشكلات التى تواجه الباحثين فى بريطانيا اليوم (بالرغم من قبولى

الكامل بأن مثل تلك القضايا المعقدة بما تتضمنه من شئون اجتماعية كبرى تتطلب بعض الأعمال الورقية) وللحصول على إذن بالسماح بإجراء البحث على الأجنة البشرية المستنسخة، ينبغى التقدم بالعرض وكل الصيغ المرتبطة به للجان الأخلاقية فى مكان البحث و فى أى مستشفى يمكن أن يمد البحث بالبويضات أو الخلايا بغرض استخدامها فى النقل النووى. ثم يتم بعد ذلك تقييم الطلب من ناحية الصحة العلمية، والقبول الأخلاقى. بعد إزالة العقبات المحلية، ينبغى على المرء بعد ذلك أن يرسل الصيغ إلى HFEA التى تقوم بمداولتها بين مُحَكِّمين خارجيين لتقييمها من الناحية العلمية والإكلينيكية والأخلاقية. تُتاح الفرصة للمتقدمين بطلب الرد على أية تعليقات. وقدَّم هذه التعليقات بعدها إلى اللجنة النهائية لمنح الرخصة. أول اتصال غير رسمى بين مجموعتنا و HFEA كان فى ١١ أكتوبر من عام ٢٠٠١، لكننا لم نمنح الرخصة حتى ٨ فبراير ٢٠٠٥ كثيرون، بما فيهم، أنا شاركوا فى حدوث هذه الإعاقة لكنها وبالتأكيد خيبت أمل المرضى الذين أملوا من الاستفادة من البحث العلمى فى هذا المجال.

كان طلبنا يتناول خلق فرص جديدة تماما لدراسة مرض عصبى حركى – مرض تفسّخى موهن – فى الحقيقة مجموعة من الأمراض ذات الصلة ببعضها البعض والتى تؤثر على عصبات الحركة فى المخ والحبل الشوكى. يُعرف أيضا فى بعض البلدان باسم التصلّب الجانبى الضُمُورى (ALS) أو مرض لو جيهريج على اسم لاعب البيسبول الشهير الذى كان ضحية لهذا المرض. هذه العصبات هى الخلايا العصبية التى يرسل المخ خلالها تعليماته فى صورة نبضات كهربية للعضلات والأطراف لمسافات تصل للمتر الواحد. التفسخ الذى يحدث فى العصبات الحركية يؤدى إلى ضعف وهزال فى العضلات. يصيب هذا المرض فى الذراعين أو الساقيْن أولا، وتتأثر به بعض مجموعات العضلات بصورة أشدّ من غيرها. فى بعض الناس قد يصيب الوهن والهزال عضلات الوجه والحلقوم مما يؤدى إلى مشكلات فى الكلام، وصعوبات فى المضغ والبلع. فى النهاية تتأثر عملية التنفس.

نحن لا نمتلك فهما لطبيعة عمل الجينات المُوَرِّثَة لهذا المرض، أو إلى أى مدى تتأثر به الأنواع المختلفة من الخلايا العصبية. لقد وُجِدَ أن الطفرات الحادثة فى جين واحد يسمى SOD-1 كانت مرتبطة بالإصابة بالمرض: هناك تراكم للبروتين الشاذ SOD-1 فى الخلايا ، مثلما يحدث فى أمراض أخرى، مثل داء باركينسون أو مرض الألزهايمر. لكن هذا الجين مسئول عن ٢ بالمائة فقط من كل حالات الإصابة بالمرض، ولم تُكْتَشَف الطفرات المسئولة عن الـ ٨ بالمائة الأخرى من الحالات المُوَرِّثَة. تلعب الجينات دورا فى ٩٠ بالمائة من الحالات، وإن يكن دورا أضعف، لكن هذه الحالات "متفرقة"، ويُعْتَقَدُ بأن تطورها يرجع إلى التأثر بعوامل بيئية.

يصاب أكثر من أربعة آلاف شخص بالأمراض العصبية الحركية فى بريطانيا وحدها، ويموت ألف شخص كل عام عادة بسبب الفشل التَنَفُّسِىّ. فى بعض الأحيان يمكن أن يستغرق تشخيص المرض أكثر من عام. لا يوجد لهذه الأمراض علاج ناجع بالرغم مما انطوى عليه العقد الماضى من تقدم أكبر عما كانت عليه الأحوال فى القرن السابق. ولكى نعزز من إمكانية التوصُّل إلى علاجات جديدة وطرائق تشخيصية، أردنا أن نتعاون مع معهد الطب النفسى فى لندن، وأن نستخدم النقل النووى لإنتاج أكياس جذعة بشرية تُمَكِّننا من اشتقاق خطوط سلالية من الخلايا الجذعية الطبيعية والمصابة منها.

انتوينا أن ننقح طرق تخليق العصبات الحركية من أكياس الجذعة تلك بشكل له معقولية. تمثلت فكرتنا فى إنتاج خط سلالى عصبى حركى طبيعى واحد، وآخر به طفرة SOD-1، وخطوط سلالية أخرى من مرضى مصابين بأشكال أخرى من الأمراض العصبية الحركية المورثة، حتى يتسنَّى لنا عقد مقارنات فيما بينها. لقد كنا نبحث عن فهم كامل ودقيق للتغيرات التى تحدث وخاصة فى المراحل المبكرة جدا. كان أملنا أن نكشف النقاب عن الكيفية التى يؤثر بها المرض على استخدام الجينات، وتصنيع البروتين، وعمليات الأيْض فى الخلية. لقد أردنا أن نكتشف بدقة ما الذى يؤدى إلى أن تتحلَّل عصبة حركية سليمة وتموت.

يمكننا أن نلحظ ظهور فوائد أخرى لهذا البحث يمكن أن يساعدنا هذا الخط السلالى من الخلايا العصبية التى تعانى من مرض حركى عصبى فى تطوير اختبارات أفضل للمرض، وبالتالى يمكن أن يتم تشخيصه مبكرا بالقدر الكافى الذى يمنح أى علاجات فى متناول أيدينا فرصتها للعمل. يمكن استخدامها لاختبار أية عقاقير جديدة تحت التطوير كذلك يمكن اختبار ما يربو على مائة ألف عقار محتمل كل عام بتكلفة كلية تقدر بـ ٢٠٠٠٠ جنيه استرلينى؛ فقط. هذه صفقة رابحة بلغة المال والوقت: إن اختبار عقار واحد فى المحاولات الإكلينيكية على ٥٠٠ مريض يستغرق من سنتين إلى ثلاث سنوات وقد يكلِّف حوالى عشرة بلايين جنيه استرلينى. بهذه الطريقة، يقدم خط سلالى من الخلايا العصبية المصابة بديلا لإجراء الاختبارات على الحيوانات، بالرغم من أن معارضى أى نوع من الاستنساخ سيجدون فكرة "أجنة من أجل الاختبارات الطبية" مثيرة للاعتراض مثلها مثل "أجنة من أجل الأجزاء الاحتياطية" بالطبع. قد تقدم الخلايا الجذعية على المدى الطويل نوعا جديدا من الخاص بها: افترضت التجارب على القوارض بأن زرع الخلايا الجذعية فى الحبل الشوكى يمكن أن يساعد فى منع الضعف التدريجى. تقوم الخلايا الجذعية المزروعة بتصنيع عوامل بقاء خلوية تساعد الخلايا المجاورة لها وتقوم هى نفسها بإصلاح التلفيات فيها . أوضح هانز كيرستيد وزملاؤه فى جامعة كاليفورنيا، إيرفين، على سبيل المثال، كيفية الحصول على مجموعات نقية تقريبا تنتمى إلى نوع الخلية المتخصص الذى يعزل الأعصاب (خلية الدِّبق العصبى الناقصة) من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية. يحسِّن الحقن بهذه الخلايا الحركة فى الفئران المصابة بأضرار فى الحبل الشوكى مما يقيم الدليل على أن هذه الخلايا يمكنها المساعدة فى الحفاظ على المهارات الحركية التى فُقِدَت من جراء تلف حاد فى نسيج الحبل الشوكى.

أولى الخلايا الجذعية البشرية المستنسخة

بينما كنا نتجادل مع HFEA على السماح لنا ببدء عملنا فى استنساخ أكياس الجذعة البشرية، باغتتنا الفرق البحثية الأخرى. بأول دليل مقنع افتراضيا على أنه تم

إنتاج خط سلالى للخلايا الجذعية من جنين بشرى مستنسخ جاء به فريق من كوريا الجنوبية. قبل أن ينشر عملهم فى ٢٠٠٤، أثيرت ادعاءات بأنهم أنتجوا مستنسخا بشريا فى مناسبات عدة. فى هذه المرة، ومع ذلك نُشرت تفاصيل هذا الإنجاز فى واحدة من أكثر الدوريات العلمية احتراما فى العالم، ومن قبل فريق ذى سمعة طيبة قاده وو- سوك هوانج، وليس كما يحدث بين الفينة والأخرى ممن ينتمون لطائفة ما، أو يرغبون فى الإعلان عن أنفسهم، أو من الخارجين عن الجماعة العلمية. وقد كان المستنسخ البشرى الذى أنتجه الفريق أكثر تطورا عن تلك المحاولات المبكرة الأخرى التى قام بها علماء محترمون ووصلوا بها إلى مرحلة كيس الجذعة.

حاولت فرق أخرى أن تستنسخ الأجنة البشرية ووجدت أنها فشلت فى التنامى بصورة سليمة فقد حصلوا فقط على عدة انقسامات خلوية. فى الـ إى- بيوميد: دورية الطب التجديدى، قالت الشركة الأمريكية للتكنولوجيا الخلوية المتقدمة (ACT) بأنها أنتجت جنينا سداسى الخلية بواسطة التكنيك الذى استخدم فى دوللى. لكن عند عمر خمسة أيام كان هذا الجنين مؤلفا من أقل من مائة خلية أو أقل من عدد الخلايا المتوقع فيه، وكان على الأرجح ميتا. ولا يوجد حتى أى دليل على أن الـ .د.ن.أ الموجود فى المستنسخ جاء من خلية واهبة. إن افتقار الورقة البحثية التى قدمتها الـ ACT إلى الجِدَّة العلمية أثار استنكارا واحتجاجا على هيئة التحرير فى الدورية من قبل روبين لوفيل- بادج عالم فى الخلايا الجذعية على قدر عال من التبجيل من المعهد القومى للبحث الطبى فى ميل هيل بلندن، واثنين من الرموز المألوفة اللذين تعرضنا لهما فى الفصول السابقة، دافور سولتر وجون جيرهيرت. ولم يكن ذلك بسبب خطأ فى العمل، أو بسبب كونه احتيالا، وإنما لأنه لا يمثل أى تقدّم. "ليس ثمة من سبب يدعو لنشر هذا، لا أستطيع التصديق بأن هذه الورقة قد تم تحكيمها بصورة سليمة" كما صرح لوفيل بادج فى حينها. شكا جيرهارت من أن الإعلان استهدف المستثمرين والجمهور من العامة، ولكنه لم يستهدف العلماء. "أنا أشك أن هؤلاء العلماء لديهم مشكلة مع ما تنطوى عليه هذه الورقة العلمية من معلومات" أجاب مايكل ويست رئيس شركة الـ ACT ومديرها التنفيذى. "الأمر كما فهمته، هو أنهم معترضون على كيفية نشر مثل

هذه النتائج التمهيدية. ونحن بدورنا نعترض على هذه المسألة. فى اعتقادنا أن المعلومات الواردة فى هذا البحث اقتضت، ومازالت تقتضى عرضها بشفافية مطلقة على عامة الناس." فى عام ١٩٩٨، ادعت مجموعة كورية بأنها قامت باستنساخ جنين بواسطة النقل النووى، ولكنها انتهت عند المرحلة رباعية الخلية، قبل أن يوضع الـ .د.ن.أ فى الجنين المتنامى، وبالتالى فليس لديهم دليل على نجاح عملية إعادة البرمجة بواسطة النقل النووى. ثم كانت الحالة الغريبة للفريق الصينى الذى ادّعى بأنه نجح فى وضع د.ن.أ بشرى بداخل بويضات أرانب، ومع ذلك تشكك بعض العلماء مرة أخرى. لقد حققت دراسات مستقلة مماثلة فى اليابان تناميا حتى مرحلة كيس الجذعة بعد نقل أنوية قرد إلى بويضات الأرانب.

بالرغم من خوف جيرالد شاتين بأن البشر خصوصا يستعصى على العلماء استنساخهم، فإن وو- سوك هوانج وزملاءه فى كوريا الجنوبية قد تغلبوا على هذه العقبة. نشرت تفاصيل تجربته فى دورية العلم وقام هوانج مع زميله شين يونج موون بتقديم النتائج فى مؤتمر حامى الوطيس عقد فى فبراير من عام ٢٠٠٤ أثناء انعقاد الاجتماع السنوى للرابطة الأمريكية لتقدُّم العلوم فى سياتل. قرأ هوانج على الصحفيين من ملاحظات مدوَّنة بينت أنه،"هدفنا ليس استنساخ البشر." جوز سيبيلى من جامعة ولاية ميتشيجان والذى شارك أيضا فى التأليف قام بإضفاء إسهامات عقلانية على المخطوطة علاوة على تحليل جينى لخلايا الرئيسيات من غير الإنسان (أجريت كل التجارب البشرية فى كوريا)، قال فى حينها:"عندما رأيت مخطوطتهم أول مرة، كاد يُغْشَى علىّ تقريبا. كانت المبتغى. لقد أثبتت ورقتهم البحثية بأنه يمكنك أن تأخذ خلية مقدرٌ لها أن تتبع نوعًا واحداً من طرز الأنسجة وترجعها إلى التنامى. لقد أُنجز هذا فى البشر لأول مرة."

كان لدى كوريا جهدا بحثيا قويا فى الخلايا الجذعية، بالإضافة إلى ما يقدر بأربعمائة عالم يشاركون فيه. وبينما كان هوانج يقطن فى البناية رقم ٨٥ فى جامعة سيول الوطنية، عمل موون المتخصص فى طب النساء فى مستشفى جامعة سيول الوطنية التى تقع فى الناحية الأخرى من المدينة. تلقى كلا المختبرين معظم

دعمهما من حكومة كوريا الجنوبية - مبلغ متواضع بشكل نسبى وهو ٥ ملايين جنيه استرلينى سنويا.

نشأ هوانج فى مقاطعة شانج شيونج التى تبعد ثلاث ساعات عن سيول وسط فقر الحرب الكورية وآثارها الكارثية. لقد درس الطب البيطرى وبنى سمعته الطيبة بناء على دراسة بيولوجيا التكاثر فى الماشية منتقلا إلى العمل على المواد البشرية بعد التقدم الأمريكى المفاجىء فى الخلايا الجذعية (مازالوا يعملون على الخنازير من أجل الزرع الغيرى و الماشية المقاومة للـ BSE) بدا وكأن فريق هوانج قد أنتج عددا من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية - معظمها ليس مستنسخا - أكبر مما أنتجه أى فريق منافس فى العالم. وكنجم علمى فوق العادة فى بلده، كوفىء هو وزوجته بعشر سنوات من السفر المجانى على متن الخطوط الجوية الوطنية بارجة الأميرال. احتفت به وسائل الإعلام المحلية باعتباره عالما يمتلك "يد إله".

قام فريق هوانج بجمع ٢٤٢ بويضة من ست عشرة امرأة متطوعة بدون مقابل مالى (سيكون هذا موضع استفهام فيما بعد) من أجل أول دراسة لهم فى الاستنساخ البشرى. فى المختبر حيث تم الجمع بين جراحة الخلية وبين الطرق التى تعتمد على نظام تجميع ذاتى الحركة، عمل العلماء فى الأفارولات الزرقاء، والأقنعة، والقلنسوات على أجهزة معالجة ميكروسكوبية لينقلوا إلى هذه البويضات ذلك الـ .د.ن.أ المأخوذ من خلايا النُّغّاص[١] ("السحاب") الخاصة بالمرأة نفسها التى تحيط بالبويضة والتى كانت فيما سبق تغذى وتعزز من تنامى البويضة. لقد كرس الفريق نفسه للعمل كل أيام السنة. عندما لم تتوافر البويضات البشرية، تمرّنوا على بويضات الماشية التى حصلوا عليها من المذبح. استخدم الفريق مادة كيميائية لتستحث موجة من الكالسيوم فى البويضة، فى محاكاة لما يحدث عند التلقيح بواسطة الحيوان المنوى، جاعلين الجنين المستنسخ ينقسم ويبدأ فى التنامى.

(١) النغاص: سحاب مؤلف من أكداس مدوّرة ذات قاعدة مسطحة (المترجمة).

وبتقليص الوقت بين نقل النواة وتنشيط الـ "د.ن.أ" المزروع، استطاع فريق هوانج أن يجعل نتائجه أقرب ما تكون إلى الكمال: بدا أن تأخيرا بمقدار ساعتين يعمل بشكل أفضل، حيث أنتجت ٢٠ بالمائة من البويضات المعاد بناؤها أكياس جذعة. حققت المجموعة ثلاثين نجاحا، وأرجعت السبب إلى التوقيت الصارم، واستخدام بويضات واهبة بالغة الطزاجة مما يمنحهم ميزة عظيمة لاستخدامها لا تتوافر عند استخدام الأجنة الفائضة أو المرفوضة من الـ IVF وطريقة خاصة للانبثاق اللطيف بدلا من شفط الـ .د.ن.أ من البويضات.

تم وضع أكياس الجذعة البشرية في مستنبت لعدة أيام حتى تكونت من مائة خلية ، والتي يكون خمس وعشرين منها كتلة الخلية الداخلية، الجنين الحقيقي. من بين عشرين من كتل الخلايا الداخلية المناسبة، خطط الفريق الكوري للحصول على خط سلالي واحد للخلايا الجذعية الجنينية البشرية ، وبالتالي نسيج مطابق لامرأة واهبة واحدة. لإقامة الدليل على التنوع الذي تنطوي عليه هذا الخلايا ذات الصفات المرغوبة أكثر، وقد وجد الفريق أن هذا الخط السلالي يمكن أن يتحول إلى الثلاثة أنواع الرئيسية من الأنسجة - الإكتوديرم، والميزوديرم، والإندوديرم - التي تظهر عند بداية النمو، عندما يسمى الجنين الجاسترولا وينتظم في ثلاث طبقات.

عندما زرعت الخلايا الجذعية في الفئران، تمايزت إلى أنواع من الخلايا الأكثر تخصصا، مقدمة دليلا إضافيا على أنها كانت خلايا جذعية. تمكن الفريق من التأكيد على صحة أن الخط السلالي للخلايا الجذعية الجنينية كان متطابقا جينيا مع واهبة الخلية التي استخدمت في الاستنساخ عن طريق إجراء تحليل لبصمة الـ .د.ن.أ، وللتأكد من أنه لم يكن ناتجا عن التوالد العذري، تمكنوا من فحص استخدام الجينات المطبوعة. لكنهم نجحوا في الاستنساخ عند استخدام بويضات وخلايا من نفس المرأة فقط.

كان هناك ارتياب حول العمل الكوري المبدئي. لقد خططوا للحصول على ٢٤٢ بويضة مجانية من واهبات متطوعات. أدهش هذا المتنافسين الأمريكيين الذين

اضطروا لدفع آلاف الدولارات. "إن لائحة الأخلاقيات لم تكن لتسمح بهذا مطلقا." كما قال أحدهم. "لقد أخبرونا بأننا إذا لم ندفع لهم شيئا فإن هذا يعد احتيالا، وإذا دفعت كثيرا جدا فإن هذا يعد إجبارا." أراد بعض الأخلاقيين أن يعرفوا المزيد عن الكيفية التي اجتذب بها فريق كوريا الجنوبية المتطوعات الست عشرة. قدم هوانج تفسيرا: "بعض النساء الشابات لديهن شغف كبير حول الاستنساخ التكاثرى، والاستنساخ العلاجي، وبعد البحث على الموقع الإليكترونى اتصلن بنا." وفى الحال، أنكر هوانج بحماسة أن أية إمرأة فى فريقه تبرعت ببويضاتها. وأكد على أن زملاءه قد اتبعوا التعليمات والخطوط الهادية فعلا.

إن أية شكوك متبقية حول جهود الفريق قد تلاشت تماما بعد عام، عندما قاموا بتعديل التقنية وأثبتوا لأول مرة إمكانية استخدامها فى مقاومة المرض. فى بحث آخر نشر فى دورية العلم، قام هوانج (وأربعة وعشرون مؤلفا مشاركا) بوصف كيف تبرعت ثمانى عشرة امرأة بمائة وخمسين بويضة، وكيف تم استخدامها، مع خلايا المتبرعات، لاستنساخ أجنة وتخليق خطوط سلالية للخلايا الجذعية الجنينية. وكان متنبأ أن يعلن الرئيس الأمريكى عن مخاوفه إزاء ما يمكن أن ينتهى إليه هذا العمل: "إنى قلق بخصوص عالم يصبح فيه الاستنساخ مقبولا."

وقد تم الحصول على الخلايا التى ستعيد برمجة ١٨٥ من البويضات من أحد عشر متبرعا، من النساء والرجال الذين تتراوح أعمارهم بين سنتين إلى ستة وخمسين عاما يتضمنون أفرادا لديهم مرض السكرى فى اليافعين، إصابات فى الحبل الشوكى، ومرض نقص مناعة جينى يسمى نقص كُرَيِّين جاما الدم الخِلْقِى. هذه المرة لم يكن هناك ثمة مراوغة للحصول على الموافقة. استخدم النقل النووى لتخليق ٣١ جنينا والذى كان يستخدم لإنتاج أحد عشر خطا سلاليا للخلايا الجذعية الجنينية البشرية بمعدل سبع عشرة بويضة لكل خط سلالى من الخلايا الجذعية. بالنسبة للمتبرعات بالبويضات ممن لا تتجاوز أعمارهن الثلاثين، تطلب الأمر معدلا أقل من أربع عشرة بويضة لتوليد خط سلالى للخلايا الجذعية - وهو معدل كفاءة مذهل - أفضل من السابق بست عشرة مرة. كان هناك دليل أيضا على أن الخطوط السلالية

توافقت وخلايا المرضى، ولم تأت من أصول التوالد العذرى، عندما تنقسم البويضات غير الملقحة بنفسها.

يعتمد النجاح على عدة عوامل. قال بهذا جيرالد شاتين المؤلف المشارك فى العمل الكورى: كانت الخلايا البشرية المغذية - وليست الخلايا الحيوانية - تستخدم لتنمية الخلايا الجنينية؛ الكوريون بحكم خبرتهم فى استخدام عيدان الطعام الفولاذية، بدوا أكثر مهارة فى المعالجة الميكروسكوبية للبويضات والأجنة؛ تم الحصول على البويضات من متبرعات صغيرات، فكانت ذات جودة عالية، وطازجة، وعوملت أثناء التجارب برفق أكبر؛ حيث تجنب الفريق استخدام المضادات الحيوية والمواد الكيماوية للحصول على الخلايا من الأجنة؛ تم استرداد الـ د.ن.أ الواهب بلمسة خفيفة. يعتقد هوانج نفسه أنه من المهم أيضا أن يحتفظ واحد على الأقل من باحثيه بمجموعة الخلايا الثمينة طوال النهار ومعظم الليل كوسيلة لإظهار الاحترام لها. قال هوانج،"تحتاج للقلب، وللروح، للمسة الإنسانية".

فضيحة

أصبح هوانج حينئذ مشهورا جدا، لدرجة أن الناس كانوا يتجمهرون حوله إذا ما خرج ليتناول طعامه فى مطعم. علق الأطباء البيطريون مازحين بأن هوانج أصبح إلفيس بالنسبة للكوريين. لقد كان حقا نجم روك فى العلم. واكتمل ذلك بعنوان أن نادى معجبيه على الإنترنت "أنا أحب هوانج وو- سوك". لقد ألهم الصبى الفقير من القرية البائسة الذى نشأ ليصبح عملاقا فى الاستنساخ بالعمل سبعة أيام فى الأسبوع، اثنين وخمسين أسبوعا فى العام (كان شعاره: "لا للسبت، لا للأحد. لا للعطلات") ألف على الأقل عشرة من الكتب الرائجة شعبيا فى كوريا.

كان مصدر الفخر القومى الشديد هذا على وشك أن يصبح حرجا قوميا. فقد أثار تقرير نشر فى دورية العلم قلقا حول الكيفية التى حصل بها هوانج على البويضات البشرية بالضبط من أجل بحثه العلمى. فى الأشهر المتممة لعام ٢٠٠٥،

اضطر هوانج للتعامل مع الأمر بعد ظهوره مرة أخرى عندما أعلن جيرالد شاتين بأنه سوف يعلّق تعاونه مع هوانج بسبب "تحريف الحقائق" فيما يتعلق بجمع البويضات، "ومانتج عنه من تصدّع للثقة". بعدها بأيام وفي مؤتمر صحفي جياش بالعواطف عقد في سيول، اعترف هوانج بأن اثنتين من العالمات في مختبره قد قامتا بإعطاء بويضاتهما من أجل البحث، وهذا محظور طبقا للخطوط الدولية الهادية والتي يتم التقيد بها على وجه العموم، وبالتالي فإنه من غير الممكن أن يمارس ضغط على العلماء الذين يقومون بالتجارب ليهبوا البويضات في إجراءات مؤلمة بل وتعرضهم للمخاطر أحيانا. اعتذر هوانج كثيرا معترفا بأنه كذب عندما تمت مواجهته بالادعاء لأول مرة في دورية العلم. قال هوانج، "أنا آسف جدا لأني اضطررت لقول تلك الكلمات المخزية بشدة والرهيبة للناس."

قال هوانج : إن الـ ٢٤٢ بويضة التي استخدمها لتخليق أول مستنسخ بشرى حصل عليها من ست عشرة امرأة متبرعة لم يدفع لهن مالاً. أكدت وزارة الصحة بأن طبيبة (اكتشف فيما بعد أنها المؤلفة المشاركة رو سونج Il من مستشفى ميزميدى) والتي كانت فيما سبق تقوم بجمع البويضات من أجل بحث هوانج قامت بدفع آلاف الجنيهات لبعض النساء من أجل بويضاتهن، الأمر الذي لم يكن مشروعا في كوريا، لكنه أصبح كذلك الآن. قالت وزارة الصحة أيضا : إن التحقيق اكتشف بأن عالمتين صغيرتين منحتا بويضاتهما للبحث وقد أكدتا على أن التبرع لم يكن انتهاكا للتعليمات الأخلاقية السائدة حينها لأنهما قامتا به متطوعتيْن. ومع ذلك، فإن هوانج مازال يؤكد على أنه عندما عرضت عليه باحثتان من الفريق بويضاتهما قام باستبعادها. وطبقا لكلامه، قامتا عام ٢٠٠٣ بالتبرع ببويضاتهما دون علمه تحت أسماء مزيفة. وأضاف بأنه قد أنكر علانية التقارير القائلة بأن هذا حدث لأن إحدى الباحثات طلبت احترام خصوصياتها.

اندفعت كوريا الجنوبية للوقوف بجانب بطلها في العلم. ورابط المتظاهرون أمام المقر الرئيسي لشبكة الـ MBC التي تقوم بالبث في كوريا الجنوبية بعد إذاعتها

لبرنامج تليفزيونى ركز على التبرع بالبويضات من قبل الباحثات الصغيرات. كانت هناك قفزة فى عدد نساء كوريا الجنوبية المتطوعات لوهب بويضاتهن لأجل عمل هوانج، بالإضافة للمئات منهن فى سبيلهن لذلك. بل وقامت النساء بترك باقات من الزهور الوطنية، الخبازى، فى مختبره مع عبارات مؤثرة لمساندته.

التجأ البطل إلى معبد بوذى بعيد، ثم أدخل لمستشفى لمعاناته من الإرهاق. تعافى ببطء. لكنه عندما عاد هوانج المرهق إلى مختبره مبكرا صبيحة يوم الاثنين، بعد ثمانية عشر يوما من الغياب، كانت الفضيحة أبعد ما تكون عن الانقضاء. طلب شاتين حينئذ من دورية العلم بأن تحذف اسمه من دراسة الاستنساخ المنشورة من قبل هوانج وزملائه فى مايو عام ٢٠٠٥ والتى وصف فيها كيف استخدم النقل النووى لإنتاج خطوط سلالية للخلايا الجذعية البشرية. "أثارت إعادة التقييم المُتَمَحِّصة التى قمت بها للأشكال والجداول المنشورة، علاوة على المعلومات الجديدة المشكوك فيها شكوكا جوهرية حول دقة الورقة البحثية." هذا ما قاله شاتين فى خطاب وجهه إلى دورية العلم. "خلال عطلة نهاية الأسبوع، تلقيت مزاعم من شخص ما شارك فى التجارب باحتمالية كون عناصر محددة من التقرير قد تم تلفيقها."

وقد نشرت مواقع الإنترنت المزاعم المتعلقة بالورقة البحثية المنشورة عام ٢٠٠٥. أحد التساؤلات كان حول ما إذا كانت الصور التى توضح الخلايا الجذعية المشتقة من الأجنة البشرية المستنسخة احتيالا. فقد قالت المؤلفة المشاركة رو سونج I1 بأنها لم تكن مأخوذة من تجارب للاستنساخ. اهتم تساؤل آخر بصحة بصمة الـ .د.ن.أ المستخدمة لبيان أن الخلية الجذعية كانت متطابقة جينيا مع شخص منح خلاياه للاستنساخ. قال أحد الباحثين:"لقد كانت "نظيفة جدا". وتحدث آخر عن "التطابقات غير المعتادة". ومع ذلك، قال هوانج فى مؤتمر إخبارى مصوّر للتليفزيون الوطنى بأن المعلومات كانت صحيحة بصورة أساسية، وأنه ما زال داعمًا لها.

لقد مررت بتجربة مماثلة مع دوللى ، وأدركت ما الذى توجّب على فعله. لقد أضفت توقيعى إلى هؤلاء الذين بعثوا بخطاب إلى هوانج يطالبونه بتقديم عمله كى

يخضع إلى تأكيد علمي مستقل. وقتها أثارت القصة الزاخرة البطولية التى تجلت جهارا الغضب والارتباك بين الناس. لكنه مازال هناك أساس صلد من الدعم والمساندة، ففى منتصف ديسمبر أعلن موقع "أنا أحب هوانج وو- سوك" على الإنترنت: "لا يهمنا ما يقول به أى شخص... حبنا للبروفيسور هوانج وو- سوك لن يتضاءل أبدا."

حتى حينها، كنت مازلت مقتنعا للغاية بأن فريق هوانج قد نجح بالفعل فى استنساخ الأجنة البشرية. لقد زرت مختبره وأعجبت بنطاق مجهوداته التى دعمتها حكومة كوريا الجنوبية بما يربو على عشرين مليون جنيه استرلينى. لقد تعاطفت مع مأزقه: أنا نفسى اضطررت لأن أتابع عملى لإقناع متشككى الضجة الإعلامية فى أمريكا بأن دوللى كانت مستنسخة بالفعل من خلية بالغة. أنا أيضا أعلم جيدا كيف يمكن أن تنسج التقارير الإعلامية وتخرج عن السيطرة. اكتشفت بعد ذلك فى يناير من عام ٢٠٠٥ أن هوانج أعلن لرعاته الحكوميين بأن ستة من خطوطه السلالية الجذعية قد فقدت من جراء تلوثها بعدوى فطرية، وهى حقيقة هامة لم تذكر فى تقريره الذى نشره فيما بعد فى دورية العلم. لقد شعرت بالقلق.

فحص فريق خبير من جامعة سيول الوطنية الورقة البحثية المُتَنَازَع حولها. فى ٢٣ ديسمبر، قدم التحقيق استنتاجاته الأوليّة. كنت فى عطلة فى ذلك الوقت، لكن لم يكن ثمة من مهرب من الاكتشافات المدمّرة التى تصدرت عناوين الصحف حول العالم: البيانات المتعلقة بمجموعات الخلايا الجذعية الإحدى عشر التى ادعى هوانج بأنه أنتجها، قد تم اشتقاقها من خطين سلاليين للخلايا الجذعية فقط. "بناء على هذه الحقائق، فإن البيانات الواردة فى دورية العلم عام ٢٠٠٥ لا يمكن أن تكون غلطة ما من جراء خطأ بسيط، لكن لا يمكن إلا اعتبارها تلفيقا متعمدا،" قالت هيئة المستشارين.

لم يجد الفريق شيئا مدونا حول اثنين من الخطوط السلالية للخلايا الجذعية الأخرى. مات أربعة أخرى من جراء التلوث، وثلاثة أخرى لم تكن بعد قد أصبحت خطوطا سلالية كاملة لخلايا جذعية. لاختلاف نتائج د.ن.أ مزيفة زُعِم بأنها توضح

التطابق بين المستنسخات والمرضى، قالت هيئة المستشارين بأن فريق هوانج قام بقسم خلية من مريضة واحدة فى أنبوبتى اختبار من أجل التحليل، بدلا من مطابقة الخلايا المستنسخة بالخلايا الأصلية للمريضة فعلا.

كانت كفاءة هوانج الملحوظة موضع تساؤل أيضا، تلك الكفاءة التى مكنته من استخدام ١٨٥ بويضة بشرية فقط لإنتاج خلايا جذعية جنينية خصيصا للإحدى عشر مريضة. قال الأستاذ يونج - هاى روى من جامعة سيول الوطنية إن التحقيق "كشف عن استخدام عدد من البويضات أكبر مما تم تسجيله"، مما يرجّح كفاءة أقل (سيسفر التحقيق عن استخدام الفريق لـ ٢٠٦١ بويضة من ١٢٩ امرأة فيما بين نوفمبر ٢٠٠٢، ونوفمبر ٢٠٠٥ - إحدى أكثر الإحصائيات الصادمة مع الأخذ فى الاعتبار المخاطر التى تحملتها تلك النساء من جراء حثهن على التبويض بواسطة هرمونات بالغة القوة (والتى يمكن أن تهدد حياتهن بالفناء فى واحد إلى اثنين فى المائة من الحالات، والانزعاج الذى عانين منه باسم العلم).

بالرغم من أن ما سبق كان النتائج الأولية لهذا التحقيق، فإن النتيجة النهائية التى توصلت إليها هيئة الاستشاريين كانت بالإدانة: "هذا النوع من الأخطاء هو فعلة مميتة تدمر أساس العلم." وأشار تصريح فى مجلة العلم بفظاظة إلى حدوث: "سوء سلوك بحثى جوهرى". اعتذر هوانج بوجه شاحب ومن خلفه صغار باحثيه المنتحبون لكنه كرر على نحو مضجر بأن فريقه قادر على تحقيق ذلك الإنجاز.

فى ضوء تلك الكشوفات المذهلة، قالت اللجنة الاستشارية إنها ستفحص أيضًا بقية الأوراق البحثية البارزة لهوانج - والتى تتضمن مقالا آخر فى دورية العلم فى ٢٠٠٤ عن أول أجنة بشرية مستنسخة فى العالم، وورقة بحثية فى أغسطس فى دورية الطبيعة فى أغسطس عام ٢٠٠٥ حول أول كلب مستنسخ على الإطلاق والمسمى باسم سنوبى (الأحرف الإنجليزية الأول لكلب جامعة سيول الوطنية)، وهو كلب صيد أفغانى. كانت الدوريات حينئذ تقوم بالفعل بإجراء تحرياتها الخاصة. وللتأكد من كون سنوبى

مستنسخا، قامت دورية الطبيعة بتكليف إيلين أوسترانددر من المعهد القومى لأبحاث الجينوم البشرى فى بيثيسدا بالميريلاند فى الولايات المتحدة لإجراء اختبارات الـ . د.ن.أ. اتصلت دورية العلم بالمؤلفين المشاركين لهوانج وطلبت من ميزميدى أن تبدأ الفحص.

أثناء الراحات لتناول القهوة فى كل المختبرات حول العالم، انهمك العلماء فى القيل والقال حول هذه الفضيحة. كيف لعمل ينطوى على الخديعة أن ينتهى به المطاف إلى النشر؟ كيف يمكن لامرئ واحد أن يحتفظ بسر المعلومات الملفقة فى فريق بهذا الحجم الكبير؟ ربما كان فريق هوانج واثقًا فى قدرته على إنجاز السبق مما كان مخففًا للحرج. لقد افترض أن فى استطاعته استعادة الخطوط السلالية التى فقدت من جراء التلوث. وربما فضح هذا الأمر المناخ الثقافى للعلم فى كوريا، حيث الأعضاء الصغار يعملون بداخل تراتبية صارمة لا تسمح بإقرار الفشل.

بنهاية ديسمبر، تبخر أى شك حول آخر خطين سلاليين يخصان المرضى من بين الأحد عشر خطا سلاليا فى الورقة البحثية لعام ٢٠٠٥: "لم نستطع إيجاد خلايا جذعية تحتوى على آثار بصمات د.ن.أ متطابقة مع المرضى، وفريق هوانج ليس لديه بيانات علمية لإثبات أنهم اشتقوا خلايا جذعية خاصة المرضى" كما ذكر المتحدث باسم لجنة الاستشاريين. كل العينات المقدمة لورقة هوانج البحثية بل وتلك التى قال هوانج إنه أنتجها بعد تقديم ورقته كانت خلايا جذعية مستمدة من بويضات بشرية مخصبة. ادعى هوانج بأن خلاياه الجذعية المأخوذة من الأجنة المستنسخة قد تحولت. هذه الاتهامات الموجهة إليه قوبلت بادعاءات مضادة، وهذه الناحية من الأمر مازالت قيد الفحص والتحرى حتى وقت كتابتى لهذا.

فى بداية يناير، أعلنت دورية العلم بأن ورقة هوانج البحثية لعام ٢٠٠٥ تم سحبها. وظهر الحكم النهائى عن لجنة تقصى الحقائق فى جامعة سيول الوطنية بعدها بعدة أيام: بالفعل وافق هوانج شخصيا على أن إحدى طالباته المتخرجات وهبت بويضاتها بل إنه اصطحبها بنفسه إلى مستشفى ميزميدى. الصيغة التى تطلب الموافقة على وهب البويضات طواعية مختبره وتم توقيعها من قبل الفنيين.

تقهقرت التجارب المخادعة لفريق هوانج المعد للقتال للوراء بل إلى ما هو أبعد من ظنوننا السابقة، وتضمن هذا التقهقر أهم الإنجازات التى انطوت على بذور ما أسماه بنجاحه فى أول إنتاج للخلايا الجذعية من الأجنة البشرية المستنسخة والموصوف فى ورقته البحثية المنشورة فى دورية العلم عام ٢٠٠٤، كشف أول تقرير أن الخط السلالى للخلايا الجذعية المشتقة من جنين بشرى مستنسخ نتج من جنين مُخَلَّق بواسطة التوالد العذرى، وليس بواسطة النقل النووى. وخلصت اللجنة إلى أن تحليل بصمة الـ .د.ن.أ والصور الملتقطة للخلايا 'قد تم تلفيقها أيضا'. كانت الادعاءات 'مخزية' بهذا قالت هيئة المستشارين.

ومع ذلك، فقد كانت ثمة أخبار جيدة فى التقرير. لقد خلصت هيئة المستشارين إلى أن فريق هوانج قد امتلك بالفعل الوسائل التى تخول له استنساخ أكياس الجذعة البشرية. وبدا أن سنوبى لم يكن زائفًا أيضا، وهو الأمر الذى يترك لدينا انطباعًا بأن دورة التكاثر فى الكلاب لا تمت بصلة لما نفهمه جيداً عن دورات التكاثر فى الخنازير، أو الماشية أو النعاج. ولتقصى الحقيقة حول أول كلب مستنسخ فى العالم، حصلت اللجنة على عينات من البويضة الواهبة، عينات دم من سنوبى، ومن الكلب تاى الذى حصلوا منه على الخلايا التى استخدمت فى النقل النووى، ومن الأم البديلة واشركت ثلاثة من مراكز الاختبار المستقلة فى عملية تحليل العينات. وإنصافا لدورية الطبيعة وإثلاجًا لصدرها، انتهى الفريق إلى أن سنوبى كان بالفعل مستنسخا من تاى، وخلصوا إلى، 'فيما يتعلق باستنساخ الحيوانات مع الأخذ فى الاعتبار الاستنساخ الناجح للكلب، يبدو أن كوريا مُنافِسة على المستوى الدولى'.

على الأقل بيَّنت القصة البطولية المثيرة للاكتئاب - وعاونتها فى هذا الصحافة المتحرية للحقائق - بأن العلم سرعان ما يتجاوز تبعات الخديعة نسبيًا وبشكل عام، منظومة الفحص والتوازنات فى العمل البحثى. وكما لفتت اللجنة الأنظار إلى 'شباب العلماء الذين أشاروا بشجاعة إلى المغالطات وعجَّلوا بالبدء فى هذا التحقيق، هم أملنا فى المستقبل.' ولكنى ككثير من العلماء الآخرين الذين قاموا بزيارة هوانج وكانوا مبهورين بفريقه، وعلمه، وإخلاصه، شعرتُ بخذلان فظيع. بالرغم من أن تفاصيل ما

حدث حقيقةً ما زالت تتابع الظهور، فإن الخديعة تعنى أن البحث العلمى فى الخلايا الجذعية الجنينية تقهقر سنوات للوراء ، حيث ظن العلماء فى يناير ٢٠٠٦ أنه قرع طبول فارغة وما من شيء ملموس. إذا ما استخدمنا لغة خلق الخلايا الجذعية من جنين بشرى مستنسخ. ما من شك لدى فى أن هذه القصة البطولية ستعدُّ إخفاقا كاملا، إخفاقا ما هو إلا انتكاسة حدثت فى مجال بحثى قد أثار بالفعل ارتباكا وتناقضا هائلا.

الاستنساخ العلاجى لمرض السكرى

بينما بدا أن الكوريين قد تغلبوا علينا، فإن أول تطبيق أُنتِج فى الغرب لاستنساخ الأجنة البشرية والذى كان جزءًا من العمل الجهيد الذى قاده أليسون ميردوخ وميودراج ستويكوفيتش من جامعة نيوكاسيل تم الاعتراف بصحته والمصادقة عليه من قبل الهيئة العليا للإخصاب وعلم الأجنة البشرية. فى ذلك الوقت كان علم الخلايا الجذعية فى بريطانيا ينعم بالحصاد العقلى. لقد استنسخ ستويكوفيتش بالفعل أبقارًا وأرانب وفئرانًا، وقدم إلى نيوكاسيل على التاين[1] من جامعة ميونخ فى عام ٢٠٠٢ كواحد من الكثير من الباحثين فى الخلايا الجذعية - من بينهم أيضا روجر بيدرسون وستيفن مينجر - الذين انتقلوا إلى بريطانيا للاستفادة من المناخ التشريعى الأكثر انفتاحا، والتمويل الأفضل. لقد نجح بالفعل فريق ستويكوفيتش فى معهد علوم الجينات البشرية فى اشتقاق الخلايا الجذعية من الأجنة البشرية غير المستنسخة ، ويريدون الآن إنتاج أول جنين مستنسخ فى المملكة المتحدة لعلاج مرض السكرى.

(١) هى مدينة نيوكاسيل التى تقع على نهر التاين فى شمال شرق إنجلترا وقد عرفت حتى الثمانينيات من القرن السابق بمناجم الفحم فيها لكنها أصبحت الآن مركزا ثقافيا وتجاريا مهما (المترجمة).

وبرغم كون المملكة المتحدة نظاما ليبراليا بالنسبة للبحث العلمى فى مجال الخلايا الجذعية، فإن كل ما يندرج تحت هذا المجال من عمل ينبغى إنعام النظر فيه مليا. فقد درس خمسة أعضاء من لجنة الـ HFEA العرض بعد معاينة مختبر نيوكاسيل، والقيام بامتحان الفريق امتحانا موجزا. كما قام آخرون بإلقاء بعض الأسئلة أيضا. قال إيليوت كانيل متحدثا بلسان التعليق الخاص بمجموعة ما قبل الحياة على أخلاقيات التكاثر، وهو نفسه يعانى من مرض السكرى، 'إحدى أضخم العقبات أمام المبتدئين فى هذا العمل هى صعوبة تخيل أى شخص أنهم سيجدون فى أى وقت بويضات بشرية تكفى لعلاج ١٧٠ مليون مريض بالسكرى حول العالم. لـ HFEA مطلق الحق القانونى والأخلاقى لرفض هذا الطلب للتطبيق الاستنساخى.' لا يمكننى تصور أن أى عالم يشارك فى البحث على الخلايا الجذعية سيجادل فى فكرة أن الاستنساخ العلاجى لا يبدو عمليا جدا كعلاج جماعى. لكننا على ثقة بأنه سينير لنا سبلا أخرى للوصول إلى نفس النهايات، علاوة على تخليق خطوط سلالية للخلايا المصابة بالنوع ا من مرض السكرى، والتى ستقوم بإسراع عجلة التقدم فى مجال الاكتشافات التى ستقوم بدورها برفع المعاناة من على كواهل مرضى السكرى. وحتى لو أنه ساعد قطاعا صغيرا فقط من ١٧٠ مليون مريض، فإن الأمر يستحق.

هدف مشروع نيوكاسيل لاستخدام بعض من الـ ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ بويضة المتخلفة من علاج العقم فى مركز العقم بنيو كاسيل، مركز للحياة مع إذن كامل من الواهبات. وكما قال ستويكوفيتش موضحا الأمر،'أنا أتفهم تماما الاعتراضات الأخلاقية، ولكننا نستخدم البويضات الفائضة عن العلاج بالتلقيح خارج الجسم والتى فشلت عمليات تخصيبها. بدلا من التخلص منها، تم وهبها للبحث العلمى، وأنا أرى الأمر بهذه الكيفية، لماذا نلقى بشىء فى سلة القمامة، بينما يمكن استخدامه بمثل هذه الطريقة القيمة؟'

هدفنا من المشروع الجديد هو رفع الكفاءة الكلية للاستنساخ العلاجى. وسرعان ما يتضح مثلما اكتشف هوانج أن البويضات الطازجة ضرورية لإنجاز النقل النووى. كان هناك هدف آخر تمثل فى الكشف عن تفاصيل جديدة فى عملية المرض نفسه

بمقارنة الخلايا السكرية المستنسخة بخلايا أخرى سليمة. عبَّر أليسون ميردوخ مدير مركز العقم فى نيو كاسيل عن الآمال الطموحة التى تستحث بحثهم العلمى للمضى قدما متخذا من صبى من نيوكاسيل يبلغ من العمر عشر سنوات ويعانى من مرض السكرى، قال متخذا من هذا الطفل مثلا."الوضع النموذجى هو كالتالى، خلال فترة زمنية تقدر بعشر سنوات، عندما يكون الطفل فى العشرين من عمره، يمكننا أن نأخذ خلية بشرة، ونعيد برمجتها، ونصنع خلايا بنكرياس آمنة (تلك التى تصنع الإنسولين) ثم نعيدها ثانية إلى الصبى، وبالتالى فإنه لن يحتاج إلى الحقن بالإنسولين مطلقا. هذا ما يفسر كون هذا العمل بالغ الأهمية."

فى أغسطس من عام ٢٠٠٤ عندما حصل فريق نيوكاسيل على رخصته – الأولى فى أوروبا التى تتيح استنساخ الأجنة البشرية – صورة الاستنساخ العلاجى كعلاج محتمل لكل المرضى. بالرغم من أن HFEA كانت غامضة تماما إزاء ما سبب لها الضيق بالضبط، بالغت فى تعظيم شأن الادعاءات حول إمكانية العلاج – كما نوقش سابقا – أثارت القضايا القانونية التى يمكن أن يتصيدوها. وكنتيجة لذلك تخلى فريق نيوكاسيل عن الهدف الشامل لمشروعه وركز على النقل النووى وحده. فى أبريل ٢٠٠٥ منحت HFEA الإذن باستنساخ الخلايا من مرضى السكرى من النوع ١ أخيراً.

كنت مسروراً لأن فريق نيوكاسيل أُعطى إشارة البدء لعمله، ولكنى كنت قلقا لأنه ما من فارق أساسى بين ما طلبوا السماح لهم بعمله وبين ما طلبنا عمله أنا وكريستوفر شو منذ سنوات: تحولت HFEA من الإصرار على كون الاستنساخ يستخدم فى علاجات معينة إلى السماح لاستخدامه لإرساء الأساسات للبحث العلمى فى مرض خطير. بينما كنت مشاركا بحصتى العادلة فيما حدث من تأخير، كان تغيير HFEA لموقفها مثيرا للضيق. لكنا قد تمكّنا من بدء برنامج عملنا على الأمراض الحركية العصبية مبكرا فى ٢٠٠٢، لكن ما حدث هو أننا منحنا الإذن فى فبراير من

عـام ٢٠٠٥. حـتى هذا لم يؤثر على بداية عـملنا، وإنما فـقط على بداية المجـهـودات المبـذولة لرفع الدعم من أجل المشروع. أملنـا أنا وشو بـالتعـاون مع فريـق هوانـج، لكن فضيحة الاستنساخ فى كوريا الجنوبية أفسدت هذا العمل.

هذا النوع من العمل المُتَخَيَّل من قِبَل فريق نيوكاسيل كان من الممكن أن يحسن حياة أبى بشكل غير قابل للقياس غير محدود لو كان متاحا منذ نصف قرن مضى. أولاً كنت سآخذ عينة من خلاياه. ربما كانت هذه الخلايا من جذر شعرة أو مسحة من صدغه. كنت سأنقل كل المادة الجينية من خليته إلى بويضة بشرية تم إزالة الـ "د.ن.أ" الموجود بها. بعد النقل، تستحث البويضة ونواتها البالغة بواسطة صدمة كهربية لإعادة برمجة نفسها بجينات أبى والبدء بالتنامى إلى جنين/ مشيمة. ثم أقوم باشتقاق خلاياه البنكرياسية من الخلايا الجذعية الجنينية بواسطة الخلطة المناسبة من عوامل النمو. لكن ثمة عقدة واحدة.

فى العديد من أنواع العلاج الخلوى يكون من المميز القدرة على تنمية الأنسجة من جنين متطابق جينيا: بهذه الطريقة ما من خطر للرفض. وهكذا ففى حالة أبى ستكون خلاياه البنكرياسية متوافقة. ومع ذلك فإن مرض السكرى الذى أصاب أبى كان سببه تدمير خلايا جزر لانجرهانز المفرزة للإنسولين بواسطة الجهاز المناعى للشخص نفسه – ولهذا السبب يسمى بمرض المناعة الذاتية – ونحن نعلم من دراسة تم نشرها بواسطة فريق من جامعة مينيسوتا عام ١٩٨٩ بأن استبدال خلايا جزر لانجرهانز البنكرياسية بأخرى متطابقة جينيا لا يعمل كعلاج. عندما يصاب واحد من توأمين متطابقين بمرض السكرى، تم زرع نسيج من خلايا البنكرياس المأخوذ من السليم إلى توأمه المصاب، ولسوء الحظ، يظهر المرض مرة أخرى. قامت الاستجابة المناعية بمهاجمة الخلايا المزروعة، ومن الممكن أن تهاجم أيضا الخلايا المشتقة من الجنين المستنسخ من أبى.

بداية يظهر على الأقل أنه ما من ميزة فى إنتاج خلايا متطابقة مناعيا لعلاج مرض السكرى. قد يكون هناك سبل حول ذلك، أحد هذه الأساليب يمكن أن يكون

عبارة عن تعديل الخلايا الجذعية بطريقة ما (إما عن طريق التعديل الجينى أو عن طريق تغيير الجينات التى تستخدمها الخلايا وظروف النمو) وبالتالى فإن الخلايا البنكرياسية التى تقوم بصنعها يمكن أن يقبلها الجسم. لو أن أبى تلقّى ازدراعا مُعَدًّل النسخة من خلايا البنكرياس الخاصة به، لاستطاع جسمه أن يصنِّع الإنسولين الخاص به مُجَنِّبًا إياه كل تلك المضاعفات الفظيعة لمرض السكرى بداية من البتر وحتى العمى.

فى العديد من الحالات الأخرى، تمنح القدرة على تنمية الخلايا والأنسجة التى لا تحمل خطر حدوث الرفض مزايا هائلة. خلايا عضلة القلب المشتقة من الأجنة يمكن أن ترقِّع المنطقة التالفة فى نسيج القلب. لقد تم هذا بنجاح فى حيوانات التجارب. سيكون هناك ميزة حقيقية فى استخدام خلايا متطابقة جينيا مع خلايا المريض بالنسبة للمريض الذى لن يضطر لتعاطى العقاقير المثبطة للمناعة. ينطبق نفس الأمر على العضلات الأخرى أو الجلد. هذا النوع من العمل هو أحد أعظم ماتركته لنا دوللى.

هناك مشكلة واحدة رغم ذلك. يعتقد بعض الناس أن هذا العمل يعادل قتل شخص لإنقاذ آخر. هذا الاتهام لازم البحث العلمى على الخلايا الجذعية الجنينية البشرية فى كل خطوة من خطوات الطريق، عاكسا الجدل المستمر حول الوضعية الأخلاقية للجنين. فى رد على تدشين بنك الخلايا الجذعية، طالب واحد من مجموعة حق الحياة القوى التشريعية لتقوم بـ "كل شىء فى مستطاعها لوقف التدمير غير الضرورى لهذه الحيوات البشرية الصغيرة". إن الخوف الذى يلازمه يفترض أن هذا النوع من العمل سوف يؤدى إلى تسليع الأجنة والوحشية لبعضهم البعض. إنهم يدافعون عن فكرة مفادها أن البويضة المخصبة وأى شىء يليها فى النمو أو ينبثق عنها يعد مقدسا. إنهم يعارضون كل شىء اقترحتُ إنجازه.

الفصل السابع

هل يعد كيس الجذعة إنسانًا؟

ماذا نعنى بالضبط حينما نستخدم كلمة إنسان؟ إلى ماذا نشير، على وجه الدقة، حين نتحدث عن الـ "كائن البشرى"؟ يرى بعض الناس أنه حتى الكرة المجوفة من الخلايا التى تتكون بعد تلقيح البويضة البشرية بأيام قلائل تعدّ إنسانا "كائنًا بشريًا صغيرًا" يستحق أن ينال نفس الحقوق التى يحظى بها أى إنسان آخر بما فيها الحق فى الحياة الذى يعتبر جزءًا أساسيًا لا يتجزأ من بين كل تلك الحقوق. إن الفكرة المطلقة التى مفادها إنتاج شخصٍ ما بواسطة الاستنساخ هى فكرة منفرة لأنها تُعدُّ لتصنيع "نوع جديد من الكائنات البشرية". ويمثل الاستنساخ المعملى "انتهاكًا للنظام الطبيعى"، و"معالجة ميكانيكية بغيضة" تعد تسفيهًا لحياة الإنسان. إن علماء مثلى ممن يريدون فعل هذا، يتم تشبيههم من قبل معارضيهم بأن لديهم "الرغبة فى الفاكهة المحرمة". نحن بالفعل "نلعب دور الإله" ونتجاوز سلطاتنا. ليس لدينا الحق فى الخلق، أو إجراء التجارب على الأجنة البشرية، أو تدميرها. يعتقد نقادى بأن هذا ليس شغفا، أو رغبة فى إنجاز الأفضل، وإنما هو الغرور واللهفة الشرهة رغبةً فى امتلاك القوة هى ما تقودنى وزملائى من العلماء لسحب أرجلنا جميعًا إلى عالم فرانكينشتينى مقيت.

النقاد مرعوبون من فكرة أن البويضة البشرية يمكن أن تُخصب فى المعمل، ثم تُنَمَّى لعدة أيام بغرض استخدامها فى التجارب. أو مرعوبون من فكرة أنه يمكن الانتقاء من بين الأجنة السليمة لخوض الحمل وتنحية تلك المعتلّة. أو من فكرة احتمالية

استخدام البويضات غير الملقحة فى الاستنساخ. حتى أن البعض لا يوافق على استخدام التلقيح خارج الجسم للتغلب على العقم. هذا النوع من المعارضة الصاخبة للبحث العلمى على الأجنة البشرية أعاق بالفعل المجهودات المبذولة لإنتاج علاجات جديدة تعتمد على الخلايا الجذعية. وقد تم حرمان الدراسات البحثية على الأجنة البشرية من التمويل الفيدرالى فى الولايات المتحدة، فى عهد الرئيس جورج دبليو بوش، بسبب معارضة كريستيان رايت، بالرغم من أن كمًا ضخمًا من الأعمال ستُنْجَز باستمرار من خلال تمويلات خاصة وحكومية. فى بعض البلدان الأوروبية مثل ألمانيا وفرنسا وأيرلندا ، تم حظر إنتاج خطوط سلالية جديدة من الخلايا الجذعية الجنينية البشرية مما خلق مشكلات حول النموذج الأوروبى للتبادل الحر للأفكار والناس عبرالحدود. وبينما أكتب هذا، يتساءل العلماء بقلق حول ما إذا كانت الباحثة الألمانية التى تأتى للعمل معى على الخلايا الجذعية الجنينية البشرية أو مع أى فرق بريطانية أخرى ستقع تحت طائلة القانون عندما تعود إلى وطنها ثانية. جون هاريس من جامعة مانشيستر هو عضو فى فريق الأخلاقيين الذين يصارعون للتنسيق بين المواقف الأخلاقية عبر أوروبا مع مشروع "يوروستيم".

فى قلب الضجة يكمن النزاع الطويل والمعقد حول الجنين البشرى المبكر. هذا الجدل يدور حول حالة كيس الجذعة البشرى، الجنين المبكر الذى يزرع نفسه فى جدار الرحم. إن مشروع الدليل الأخلاقى الأوروبى الذى وضعه هاريس وزملاؤه، يتفقون على أن قضية كيس الجذعة، فى واقع الأمر، موضع اختلاف وجدل بين الجميع.

أنا لست فيلسوفًا أخلاقيًا، لكن ينبغى علىَّ أيضًا أن أمعن التفكير فى هذا الموضوع، كما أنى على ثقة بأن معظم الناس يفعلون. لكن الأسئلة التى تقلق العامة ليست هى فى العادة تلك الأسئلة التى تزعج المتخصصين. المتخصصون سواء كانوا علماء أو فلاسفة أخلاقيين لهم لغة اصطلاحية خاصة بهم تجعل من الصعب على العامة متابعة نقاشاتهم. ربما يشعرون بأن مسائل محددة قد استقر الرأى عليها فعليًا. لكن ذلك لا يمنع من إثارة الأسئلة فى المناقشات العامة بعبارة مناسبة. أنا أريد

أن أركز هنا على مخاوف الرجل العادى والذى يعرب لى عن قلقه مراراً وتكراراً فى المؤتمرات واللقاءات.

ثار الجدل الدائر حول المعلم الأساسى للحياة البشرية فى جزء كبير منه، بسبب الاكتشافات التى تتعلق بما يحدث فى الرحم. خلال الشهور الأولى من الحمل، ترى الأم انقطاع دورتها الشهرية، وتضخم نهديها، وتشعر بالغثيان، وهكذا. فى أيام ما قبل التشخيص الطبى، جاءت أولى العلامات الظاهرة للطفل قبل الولادة مع صحوة الجنين فى البطن – أولى الحركات المكتشفة للجنين بين الأسبوع السابع عشر والأسبوع الثانى والعشرين والتى وصفتها بعض الأمهات بشعور بالرفرفة. العديد من المجتمعات فى الماضى والحاضر نظرت لهذه المرحلة على اعتبارها النقطة التى يستحق فيها الحمل الحماية الكاملة. خلال القرن أو القرنين الماضيين منحتنا العلوم الطبية كثيرا من الرؤى الهامة التى تتعلق بمعجزة التطور. الألمانى الإستونى كارل إرنست فون بير (١٧٩٢ – ١٨٧٦) الذى اكتشف البويضة فيما سبق ، أوضح أن الاتحاد بالحيوان المنوى أنتج تغيرا واضحا فى شكلها ومظهرها لأنه يمدنا بنقطة انقطاع حادة عما قبلها، وحد فاصل فى صحراء الجدل الأخلاقى المتغيرة وكان من الأسهل اعتباره علاقة مميزة وسمت فجر الحياة أكثر من أى مرحلة تالية من مراحل تنامى الجنين.

ومع ذلك، تظل الولادة بالنسبة للمجتمع حدثا أكثر أهمية من الحمل نفسه. إنه الوقت الذى يأخذ فيه الجنين أنفاسه الأولى، ويشاهد فيه العالم لأول مرة، إنها صيحته الباكية الأولى، عندما يُمْنَحُ الطفل اسما، ويُقْبَل كعضو فى العائلة. هذا هو الحدث الذى سيتم الاحتفال به كل عام فى نفس يوم ميلاده. حتى عند هذه النقطة، يقدم العلم معلومات جديدة من شأنها أن تثير الجدل. لقد حفرت الطرق الحديثة لالتقاط الصور للجنين فى الرحم بواسطة الموجات الصوتية مشاعر عميقة فى قلوب العديد من الآباء، مشاعر لم يحس بها أجدادهم الكبار، إلا حين شهدوا لحظات الولادة. بين المسح بالموجات فوق الصوتية أن الجنين دون عمر الإجهاض يبدو قادرا على فعل بعض الأشياء التى يستطيع الرضيع فعلها. فى تلك الأثناء، استمر التقدم الطبى فى تقليل

العمر الذى يمكن عنده مساعدة الرضع المبتسرين للإبقاء على حيواتهم، ولذلك فإنه فى مستشفى ما يمكن أن يصارع الأطباء لإنقاذ جنين يبلغ من العمر ٢٤ أسبوعا، بينما فى مستشفى آخر يقومون بإنهاء حياته. فى بريطانيا، هذا التطور العلمى فيما يخص فهمنا لما يحدث بعث إلى الحياة مرة أخرى – على نحو صحيح إلى حد بعيد – مناقشات حول أخلاقية الإجهاض عند مراحل متأخرة من الحمل.

تقنيات التكاثر يمكن أن تثير النزاع بنفس القدر. من يكبروننا سنا فقط هم الذين يتذكرون الضجة التى أثيرت حول التخصيب الصناعى منذ خمسين عاما مضى. لقد نشأت فى البداية فى سياق إنسال الماشية، وأصبحت أكثر ملاءمة للموضوع وأشد حرارة حين استخدم التخصيب الصناعى بعد ذلك للتغلب على العقم البشرى. كان هناك أيضا جدل شديد حول التلقيح خارج الجسم بعد مولد لويز براون عام ١٩٧٨، والآن لم يتبق من شىء سوى النسيان. يُنظر للتلقيح خارج الجسم على أنه علم غريب، ويعتبر رواده خارجين على الجماعة الطبية كلها، ويتدخلون فى عملية حميمة كان من الأفضل لها أن تترك لتقدير الطبيعة. لقد نظر إليهم مثلى على أنهم قد خطوا أولى خطواتهم إلى المنحدر الزلق المؤدى إلى تحسين النسل، والرضع المشوهون، والأطباء الذين يلعبون أدوار الآلهة. إنه لمن المطمئن رؤية مدى السرعة التى يطور بها المجتمع رؤية متكاملة غزيرة المعلومات حول موضوع ما وبالتالى يوقف هذا ما يثيره من نزاع.

إن الجدل الشعبى الراهن والدائر حول دلالات الأحداث التى تقع فى مستهل الحياة حافل بالذكريات المتعلقة بالمناقشات المبكرة عن نهاية الحياة. عندما زرع أول قلب مأخوذ من شخص فى شخص آخر فى الستينيات، قيل الكثير حول الملابسات التى يُقبل فيها بإزالة الأعضاء. ركز الكثير من ذلك الجدل على آثار إصابة المخ – واهبون "نموذجيون" يتمتعون بأجسام سليمة (وبالتالى بأعضاء سليمة) ولكن عقولهم ميتة. تكمن المشكلة فى كيفية إعلان الوقت الذى تحدث فيه تلك الخاصية المستعصية على التحديد والمتمثلة فى انحسار الوعى. مرة أخرى لقد كانت الملاحظات العلمية الجديدة هى ما ساعدت الناس على تكوين وجهة نظر. المعظم يقبل الآن بأننا يجب أن

نستخدم تفاعلات من أجل الاستثارة، قياسات للاضطرابات فى النشاط الكهربى فى المخ، وتقنيات للفحص مثل التصويرالوظيفى بالرنين المغناطيسى (والذى كما يبين اسمه يدرس وظائف الدماغ) لتحديد اللحظة التى يموت فيها المخ. تتطلب المراحل الأولى من حياة الإنسان تحليلا مماثلا. ما هى الخصائص التى نعتبرها بشرية بصورة أكثر عمقا، ومتى توجد؟

أثار اقتراحى بإجراء النقل النووى بواسطة البويضات البشرية والخلايا ، العديد من التساؤلات. يجب تمييز العديد من الحالات المختلفة عن بعضها البعض، ويجب التوفيق بينها وبين الموقف من الإجهاض، الذى يركز بصورة أكبر على حالة الجنين وهى مرحلة متأخرة من التنامى. كيف يكون الناس وجهات نظرهم عن هذه المسائل؟ هل يسترشدون فى هذا بتعاليم الدين أو يسيرون على خطى رسمتها تركيبة أخلاقية أخرى؟ أهى مسائل دينية أم أخلاقية؟ أعلم أن هناك العديد من وجهات النظر الدينية التى يدافع عنها معتنقوها بانفعال، لكنها بالنسبة لى جدل أخلاقى.

نحن نعيش فى مجتمع علمانى، والتساؤلات المتعلقة بالبحث العلمى على الأجنة لم تظهر قبل أواخر القرن العشرين، ولذلك فإن وضعية الجنين فى الآثار العقائدية لا يمكن استنباطها سوى عن طريق غير مباشر من الإنجيل، والقرآن، والنصوص العقائدية الأخرى. على مر السنوات، تطورت وتغيرت القناعات الدينية، غالبا فى ضوء الدلائل العلمية. ربما يكتسب الشخص العادى انطباعا بأن الكنيسة الكاثوليكية تبنت موقفا أو مبدأ ثابتا على مر القرون فيما يتعلق بموضوع الحياة البشرية، ولكن ذلك لم يحدث فى الواقع سوى فى عام ١٩٦٨ حين أصدر البابا مرسوما باعتبار الحياة البشرية وقت الحمل مقدسة بالرغم من أن ما يحدث أثناء الإخصاب لم يكن قد تم استيعابه بشكل جيد للعديد من العقود.

---

(١) حركة تأييد الحياة prolife تعارض استخدام الأجنة البشرية فى الأبحاث، وحتى الإجهاض أيضًا. (المراجع).

بعض الادعاءات التى تطلقها الجماعات الدينية تلوثت بالافكار الخاطئة حول المراحل المختلفة لتنامى الإنسان. هذا لا يعنى رغم أننى عدائى تجاه من يعتنقونها (فلو كنت كذلك، لما تزوجت من زوجتى التى تشغل منصب شيخة كنيسة.) ولا أننى سأتجاهل وجهات النظر الدينية. فى الحقيقة، لقد ميزت التعاليم المسيحية على مدار تاريخها الطويل بين الوضعية الأخلاقية للجنين الذى لم يتكون بعد والجنين المتكوّن، وهو تمييز أشعر بأنه مازال على قدر كبير من الصحة. منذ أن عرفنا بأن شخصا هاما من الناحية الأخلاقية يمكن أن ينشأ فى النهاية (نسبة كبيرة من الأجنة المبكرة - البعض يقدرها بنسبة مرتفعة تصل إلى خمسين فى المائة - تُفقد بشكل طبيعى قبل نهاية فترة الحمل)، وأنا أومن بأنه من المناسب أن نولِّف وضعية أخلاقية متنامية بالتدريج تخص الجنين مبكرا كان أو متأخرا، تُعَدَّل وفق معرفتنا بإمكانية وجود القليل من "عتبات الشخصانية أو التخوم البشرية" من عدمها، وعادة ما سيكون هناك جدل حول المكان الذى تقع هذه العتبات عنده، والتى تمثل أولى بوادر تكوّن صفات شخصية أو إنسانية فى الجنين.

عند إمعان النظر فى اقتراحى الخاص بالبحث على الأجنة، ينبغى لنا أن نسأل عدة أسئلة. هل كل مراحل التطور البشرى متماثلة؟ أو هل تنشأ الوضعية الأخلاقية منذ لحظة الحمل وخلال المراحل الجنينية التالية، وحتى مولد الطفل؟ هل من الممكن أن يعانى الجنين البشرى المبكر؟ هل كيس الجذعة واعٍ؟ هل يمكن تسميته بالشخص أو الإنسان؟ عبّر اللاهوتى والفيلسوف مايكل بانر من جامعة إدنبره عن جوهر هذا الجدل بسؤاله "هل نشير إلى الجنين بصيغة العاقل أو غير العاقل؟" إذا ما قبلنا بأن الجنين المبكر هو غير عاقل، فإنه بالتالى يفتقر للمشاعر والوعى، تصبح القضية عندئذ هى ما إذا كنا سنُكِنُّ للجنين المبكر احتراما من ذلك النوع الذى يمنعنا من أن ننتجه أو ندمره باسم العلم أم لا.

أريدك أن تقيم ما تظنه عن الوضعية الأخلاقية للجنين المبكر. تخيل كيف يمكنك التصرف فى السيناريو التالى. أنت تزور مختبراً للتلقيح خارج الجسم برفقة طفلة صغيرة. تدخل مساعدة المعمل وهى تحمل طبق بترى بحرص بالغ حتى لا تؤذى

مكوناته الدقيقة. الفتاة مبهورة برؤية ١٢ جنينا مبكرًا - عبر الميكروسكوب - فى الطبق يتكون كل منها من ثمان خلايا. نقل اثنان من الأجنة إلى مريض ما، وسيجمد العشرة الآخرون ويتم تخزينها فى إناء ديوار[١] لإمكانية استخدامها فيما بعد. ثم فجأة وقبل أن يحدث أى شىء، ينطلق جرس الإنذار. تملأ سحب الدخان المكان آتية من الردهة. أمامك دقائق فقط لتضغط جسدك عبر نافذة صغيرة قبل أن يملأ الدخان المختبر كله. ماذا ستفعل - تحمل الطفلة أو طبق المستنبت الذى يحتوى على الأجنة العشرة؟ (ينبغى على أن أؤكد أنه من غير الممكن الانتقال بالاثنتين، لأن الطبق يجب أن يُحْمَل بحرصٍ شديدٍ جداً.)

يعتقد البعض بأن الجنين المبكر ينبغى النظر إليه على أنه كائن بشرى بكل ما تحمله الكلمة من معان منذ لحظة التلقيح، وينبغى أن نضمر له نفس ذلك الاحترام الذى نضمره لطفل رضيع. لذلك يجب حظر تدمير الأجنة. من المحتمل أن هؤلاء ممن يعتنقون هذه الرؤية سيستحثون لأخذ الطبق لأنه يحتوى على عشر حيوات. يرى الآخرون الجنين المبكر مجرد تجميعة من الخلايا المتمايزة لا تستحق أن تُولى أى اهتمام يتجاوز الاهتمام بخلية بشرية منفصلة أو نسيج بشرى. وهناك منطقة فكرية وسطى، حيث يستحق الجنين بعضا من درجات الاحترام لما تنطوى عليه كينونته من احتمالية لأن يتنامى إلى كائن بشرى فى ظروف معينة. لو قُبِلَ بهذا، لواجهنا إذن مشكلة أخرى: ماذا يعنى أن نظهر احتراما للجنين. ربما يمكننا إلقاء بعض الضوء على هذه المسائل من خلال إمعان التفكير أولا فيما يجعل بنى البشر مميزين.

لماذا يعد البشر مميزين؟

بعض الاعتراضات على استخدام الأجنة البشرية تعتمد على الفكرة العامة القائلة بأن هناك شيئا "خاصا أو مميزا" عندما يتعلق الأمر بالحياة البشرية. أنا أوافق على

---

(١) إناء ديُوار: وعاء زجاجى أو معدنىّ مفرَّغ لمنع انتقال الحرارة (المترجمة).

أننا مميزون، لكنى أشعر بأن هناك سببًا أعظم من أن يعزى إلى صفة كوننا أحياء. من منظور الكائنات وحيدة الخلية، فإن القول بأن كيس الجذعة البشرى حىٌّ فحسب هو من قبيل عدم الإنصاف. كل خلية فى كيس الجذعة مثل البكتيريا تتكاثر و"تأكل"، لكنها تفعل فى الإجمال شيئًا أكثر روعة، شيئًا يستحق الاحترام العظيم. عندما تنقسم خلاياها لا تنتج كائنات جديدة، لكنها تبقى مرتبطة مع تلك القديمة لتكوّن مجتمعا معقدا متفاعلا فيما بينه. أحد أعظم الألغاز قاطبة هو الكيفية التى تقوم بها الجينات الأبوية فى البويضة الملقحة بإرشادها داخل الرحم لتنمو إلى ذلك المجتمع المعقد والمتكامل بدقة الذى هو أنت أو أنا والمُكوَّن من مائتين أو أكثر من المجموعات المختلفة من الخلايا.

نحن نعلم ماهية العملية بشكل موجز وتقريبى. أولا تنقسم البويضة الملقحة لتصبح خليتين. ثم تنقسم كلتاهما مرة أخرى لتصبحا أربعًا. ثم تنقسم مرة أخرى لتصبح ثمانية، ثم ست عشرة، وهكذا. قم بتكرار عملية الانقسام لاثنين حوالى سبع وأربعين مرة فيها كلها، وسوف تنتهى بمجتمع متداخل ومتفاعل استثنائى يضم عشرة آلاف تريليون خلية. العدد الحقيقى فى الشخص البالغ أقل من هذا بشكل دال، لأن الطبيعة تتخلص من العديد من الخلايا بواسطة عملية تسمى موت الخلية المبرمج مما يجعل من الصعب إحصاء عددها النهائى. من خلال موت الخلية المبرمج، يزيل الجسم الوترات بين الأصابع، ويلحم أجزاء الحنك معا، تنحت أصابع الأقدام، تشكّل الأعضاء، تزيل الخلايا المعيبة، وهكذا. النتيجة هى مجتمع معقد ومتعاون وثلاثى الأبعاد يتكون من (أقل من) عشرة آلاف تريليون خلية. هذا المجتمع الخلوى هو ما نطلق عليه الشخص أو الإنسان. لكن ينبغى التركيز على نقطة ما، بالرغم من أن الإنسان يبدأ ككيس جذعة، فالإنسان لا يُعَدُّ مثل كيس الجذعة، أى شىء يتجاوز كيس الجذعة يعد إنسانا.

هل هناك من شىء يميزنا عن المخلوقات الأخرى على مستوى الخلية؟ بالتأكيد أكثر من البكتيريا والتى يختلف تصميمها (بالمصطلح التقنى، تفتقر إلى نواة الخلية). لكنه بمقارنة شفرتنا الجينية بتلك الخاصة بالكائنات متعددة الخلايا الأخرى يتضح أن

العديد من الجينات التى نحملها مكرسة لصنع المجموعة الضخمة من الخلايا التى يقدر عددها بعشرة آلاف تريليون خلية، والتى تعمل معا كوحدة متكاملة متجانسة فى كل تلك الأماكن المختلفة من مخ ، وشعر، وبشرة، وغيرها. الأكثر أهمية هو الدور الذى تلعبه جينات معينة فى تشغيل الأجهزة الكيميائية الحيوية المتعلقة بالحياة. الأكثر ترجيحا، هو أننا نتشارك مع المخلوقات الأخرى فى هذا. ولهذا السبب فنحن نتشارك حوالى نصف جيناتنا مع موزة على سبيل المثال. وكنتيجة لذلك على المستوى الجينى، لدينا مشترك مدهش مع القرود، والخميرة، وتقريبا مع أى شكل من أشكال الحياة الأخرى يمكن أن تفكر فيه.

عند هذا المستوى الكيميائى الأساسى، أنت، أنا، وكل البشر بوصفهم نوعا بيولوجيا (هوموسابينز) مختلفون، ولكننا لسنا على تلك الدرجة من التميز باعتبار ما نعرفه عن النشوء البشرى والأسلاف، ولندع جانبا التطابقات المذهلة بين أنواعنا الحية والأنواع الأخرى. سيقرر عالم اختزالى غريب يحدق فى حفريات الإنسان، والخميرة، وخلايا الموزة بأن وحدات بناء جسم الإنسان هى أكثر شبهًا بالوحدات البنائية لأجسام القرود والفئران وزمرة المخلوقات الأخرى عن كونها مختلفة.

مع ذلك، عندما نأتى إلى الطرز المظهرى – المظهر الجسمانى الخارجى وتركيب المخلوق كما يتأثر بالـ د.ن.أ فى النواة، الطريقة التى يبدو عليها المخلوق، وما الذى يمكنه فعله – يبدو الإنسان بوصفه نوعا بيولوجيا مميزاً. لقد انتقلنا الآن من الخصائص الأساسية لخلية ما إلى ما يسمى بالخصائص الناشئة لتريليونات من الخلايا. ربما لسنا بقادرين على العدو مثل الفهد الصياد، أو الطيران مثل الطيور، أونستدفىء بالمياه المحمّاة بالقرب من مصبات المياه الحارة، ولكننا متميزون تماما واستثنائيون فيما يمكن أن نفعله. وهناك جانب آخر على درجة كبيرة من الأهمية أشعر حياله بأن الكائنات البشرية تتمتع بسمت خاص، ليس بسبب امتلاكها لأية خصيصة تميزها عن غيرها من الكائنات، ولكن بسبب شىء ما يظهرونه بجلاء.

أنا أشك فى أن كل الحيوانات، بداية من أدنى المراتب الحشرية إلى أرقى أنواع القردة، يتمتعون بدرجات متباينة من الوعى والإدراك. إن مسألة رسم الخط الفاصل، على وجه الدقة، بين المخلوق الذى يصدر ردة فعل ببساطة وذلك المخلوق الذى يمكنه التفكير فعلا تُعتَبَر مثار جدل عميق، غير أن هذا الجدل ينتفى تماما عندما نرى أن الوعى الإنسانى يمثل ملكية خاصة للأعداد الهائلة من الخلايا العصبية التى تحتشد بين أذنينا . ومن نشاطها تنبثق ملكة الوعى بالذات، والقدرة على التأمل والتعقّل. هذه هى النقطة الجوهرية التى سوف أعود إليها عندما أصل إلى التفكير فيما إذا كان ينبغى للجنين أن يتمتع بنفس حقوق البالغ أم لا.

ميلاد الهوية الجينية

فى سعينا لمعرفة ما للوضعية الأخلاقية الخاصة بالجنين المبكر من ثقل، علينا أن نرتد إلى البداية الأولى لخلق الفرد. ربما تتوقع أن بداية خلق الفرد تتمثل فى تلقيح الحيوان المنوى للبويضة، وتلك هى اللحظة التى تنشق عن ميلاد فرد جديد. (إننى أعنى بهذا الفرد بهويته الجينية المتميزة، مقارنة بتلك التى للبويضة والحيوان المنوى.) بينت الدراسات أن دلالة النقطة التى يقطع عندها الحيوان المنوى البويضة أقل وضوحا بكثير. الحمولات الجينية للبويضة والحيوان المنوى تقبع ساكنة ومنفصلة فى البداية متوحدة فى تراكيب مختلفة تسمى بالأنوية الأولية. هى مجرد بقايا بويضة أو حيوان منوى، إذا شئت، والـ .د.ن.أ الخاص بالفرد الجديد لم يتول القيام بعد بالسيطرة على عملية التنامى. فى الأيام الأولى لظهور التلقيح خارج الجسم فى الستينيات، يمكننى تذكر ذلك الجدل الذى أثارته صورة نشرها أحد رواد IVF وهو بوب إدواردز. بينت الصورة بوضوح طليعتى نواتين، وبدأ العلماء الآخرون الحاضرون فى التناقش حول ما إذا كان يعد جنينا بالفعل، وما إذا كان الإخصاب قد تم حتى فى هذا السياق العلمى، كانت هناك مناظرات حول ماذا نعنى بالضبط بوصفنا لشىء ما على أنه "جنين".

عندما تتحد الأنوية الأولية الأولية معا، وتنقسم البويضة البشرية ثلاث مرات، تحكم جينات الجنين سيطرتها على التنامى. عندها فقط يمكننا أن نتكلم عن الوصفة الجينية التى ستقوم بتحديد الشخص. حينئذٍ عندها يمكن العمل على التعليمات فى الوصفة؛ قبل تلك النقطة، تساعد التعليمات من الأم والأب – فى هيئة الـ .ر.ن.أ والبروتين – على قيادة المراحل الأولى من الحياة. فقط بعد هذه المرحلة، يبدأ الـ .ر.ن.أ الخاص بالفرد فى السيطرة. يمكن للمرء أن يقول بأنه فقط عند تلك اللحظة بالتحديد يوجد فرد او شخص فى التوقيت الصحيح يمتلك الوصفة الجينية المحددة.

إن كيس الجذعة الذى يقبع صامتا فى قلب الضجة الجدلية هو أبعد ما يكون عن الصورة الشائعة للجنين، حميل صغير له قلب وأطراف، ومخ وأعضاء أخرى. فى الواقع، تتشكل هذه المرحلة بعد حوالى سبعة أسابيع من النمو، عندما تصبح كل أعضاء الفرد قابلة للتمييز. إن مرحلة كيس الجذعة التى تتشكل بعد أسبوع أو أكثر من التلقيح لا تشبه هذا أبدا: إنها تتكون من كرة من الخلايا الملتصقة ببعضها البعض مثل التبيوكة[1] المضيئة، أو بيض ضفدعة. إنها ترى بالعين المجردة بالكاد، ولكنها أصغر من ذرة رمل. عندما أنظر لكيس جذعة لنعجة بواسطة الميكروسكوب، كما فعلت آلاف المرات، لا أفكر فيه على أنه نعجة ولا عندما أحدق فى كيس جذعة بشرى أفكر فيه على أنه طفل رضيع، بالرغم من أنى أقبل بأن بعض الأزواج الخاضعين للتلقيح خارج الجسم يصبحون مرتبطين عاطفيا بأجنتهم المبكرة.

كل كيس جذعة بشرى يتألف من مائة أو أكثر من الخلايا. تقبع أكثر الخلايا الجذعية الجنينية المرغوب فيها بين حوالى خمس وعشرين خلية فى كتلة الخلايا الداخلية، حضنة البيض المُقدَّر لها بأن تصبح جنينا، وجزء من المشيمة التى تقع إلى ناحية واحدة من كرية الخلايا المجوفة (الطبقة الأرومية المغذية) والتى تصبح بقية المشيمة. على النقيض من الخلايا الجذعية البالغة، فإن لديها القدرة على التحول إلى

(١) التبيوكة: مستحضر نَشَوِىّ لصنع الحلوى (المترجمة).

أى جزء من الجنين، وبالتالى صنع أى نوع من أنواع الخلايا فى الجسم. إن الخلايا الجذعية الجنينية مثل البشر تستجيب لثقافتها، والبيئة المحيطة بها، وتنشئتها. لكن الظروف التى تحيط بالخلايا الجذعية فى المختبر لا يمكن مطلقا أن تماثل بصورة طبق الأصل، تلك المحـيطة بالخـلايا فى جنين يتنامى بداخل الرحم. بالرغم من أن البيولوجيين كانوا يدرسون ويستخدمون الخلايا الجذعية الجنينية فى الفئران لمدة عشرين عاما حتى الآن، نحن لا نفهم التفاصيل وراء كون هذه الخلايا المأخوذة من كتلة الخلايا الداخلية لكيس الجذعة متعددة التحول بهذا الشكل الاستثنائى، أو كيف تمتلك هذه الخلايا المقدرة على التحول لأى نوع آخر من الخلايا.

بمجرد أن تنفصل الخلايا الجذعية الجنينية عن أخواتها الخلايا، تفقد الإلماعات والإشارات الأساسية اللازمة لتوجيه التعليمات اللازمة للنمو إلى جنين. عندما تُنَمَّى فى مستنبت معلق من البروتينات والهرمونات على سبيل المثال، تكوّن هذه الخلايا ما يعرف بالجسم ذى التركيب المشابه للجنين، وهو تركيب كروى يتألف من كتلة من الخلايا التى تتمايز بطريقة عشوائية، ولذا لا يعد جنينا، ولا يمكنه التنامى إلى جنين. يحتاج الجنين إلى بيئة الرحم إذا افترضنا أنه سينمو أساسا. ليس لديه الإمكانية لهذا التنامى فى طبق بترى.

إن الجنين المبكر لا يشبهك، أو يشبهنى، أو يشبه أى فرد بشرى من نواح أخرى. كيس الجذعة الواحد يمكن أن ينقسم إلى اثنين، كما يحدث بصورة طبيعية فى حالات التوائم. وعلى العكس يمكن أن يتحد جنينان ويصبحان جنينا واحدا فى فترة مبكرة من الحمل كما يحدث بصورة طبيعية فى الرحم، وإن يكن نادراً، لخلق الكيميرا. أو يمكن لكيس الجذعة – نظرياً على الأقل – أن ينقسم إلى اثنين ثم يعاد الاتحاد فيما بينهما مرة أخرى. هل توجد "حياة"تبدأ بهذا الشكل كفرد واحد ما، ثم تصبح فردين، ثم تعود إلى حالتها المفردة مرة أخرى؟ ثمة غرائب أخرى. إن مالا يقدره الكثيرون التقدير الكامل هو ثلاثة أرباع الخلايا فى كيس الجذعة، حوالى خمس وسبعين خلية، والمقدر لها تدشين أول تلامس مع بطانة الرحم، والمشاركة فى المشيمة. كما أظهر الناس الذين يستخدمون المشيمة فى تسميد النباتات، فإنهم يستهلكونها كوجبة خفيفة

لما بعد الولادة (تصفح الانترنت وسوف تجد الكثير من الوصفات) أو يستخدمونها كدواء، المجتمع لا يضفى على نتاج هذه الخلايا نفس الاحترام الذى يكنه للجنين بالمعنى الضيق للكلمة.

مامن نقطة مما عرضتُ سابقا تعنى بالطبع أن الجنين لا يعتبر فردا ولا ترجّح أى نقطة منها كون الجنين لا يستحق الاحترام. أنا أشير فحسب إلى التفاصيل المختلطة التى نجدها لتبيان أنه حين نحاول الإلمام بالصورة الكاملة للمراحل الأولى من حياة البشر، يتضح أن هوية الجنين المبكر لا تتطابق بدقة مع هوية شخص ما.

كيس الجذعة ليس إنسانا

بالرغم من أنه بمجرد أن يبدأ الجنين البشرى فى النمو، فإنه يستحق كل احترام منا، لأن لديه إمكانية أن يصبح إنسانا فى ظل الظروف المناسبة، ومع ذلك فإن مجرد كون كيس الجذعة ينطوى على احتمالية أن يصير إنسانا لا يعنى أنه إنسان، تماما مثل فتاة صغيرة تطمح فى دراسة الطب، ولكنها ليست طبيبة مؤهلة. وكما وضح جون هاريس فى كتابه "قيمة الحياة"، نحن جميعنا ميتون لا محالة، ولكن هذا لا يعنى أنه ينبغى معاملتنا كما لو كنا أمواتًا فعلا.

البويضة الملقحة ذاتها التى يشكلها العلماء فى المختبر ليس لديها إمكانية أن تصبح إنسانا، من دون التدخل البشرى. يقبع الجنين المبكر على طبق بترى وليس بداخل الرحم، ومن الصعب أن ينمو فى ظل ظروف مختبرية لأكثر من خمسة أو ستة أيام. وإلى أن تلصق البويضة الملقحة طبيعيا نفسها بجدار الرحم، حيث تبدأ بإدارة حوار كيميائى بالغ التعقيد مع الأم، لا يوجد حمل. كيس الجذعة الموجود فى طبق بترى لا يخوض فى مراحل إضافية من التنامى الجنينى. إن لديه إمكانية النمو إلى جنين أو طفل رضيع ولكن بمساعدة الإنسان فقط.

إن السبب الرئيسى الذى يمنعنى من اعتبار كيس الجذعة إنسانًا، هو افتقاره إلى الحياة العقلية. يوجد فى الشخص البالغ حوالى مائة بليون من نقاط التشابك العصبية التى تربط الخلايا العصبية معا. كل خلية لها حوالى ألف ارتباط بالخلايا الأخرى، ولذلك فهناك مائة تريليون من التشابكات التى تقوم بتخزين المعلومات بواسطة عملية تسمى المطاوعة (عندما تتحدث خلية عصبية إلى أخرى، يمكنها أن تعدل الكيفية التى يتم بها التواصل بفعالية، ويعتقد بأن هذا أمر جوهرى لوظيفة المخ) يعتقد بأن مخ الإنسان النشط يصنع عددا من التشابكات تقدر بمليون تشابك كل ثانية. تتمثل القضية الجوهرية فى الوقت الذى تظهر فيه هذه المقدرة على التفكير لأول مرة.

فى الواقع، نحن نلتمس طريقا للفكرة التى يسميها البعض بـ "مولد المخ" وهى انعكاس لصورة "موت المخ". تماما عندما تظهر هذه الخاصية فى مركز الجدل. وقد ألقى هيئة من المستشارين ذوى الخبرة الضوء على هذه النقطة فى الاقتراحات التى نوقشت لتنميةالخلايا الجذعية العصبية البشرية فى أدمغة الرئيسيات من غير البشر النامية للحصول على نماذج أفضل لمرض باركينسون والأمراض العصبية الأخرى. استنتجت هيئة المستشارين التى ضمت دافور سولتر وجون جيرهيرت بأن الازدراعات قد تؤثر على الإدراك بطريقة تمنح الحيوان الناتج وضعية أخلاقية أقرب إلى تلك الخاصة بالبشر. ومن المهم رغم ذلك أنه ما من إجماع فى الرأى على الدلالة الأخلاقية للتغيرات فى القدرات المعرفية، حتى لو تمكنا من اكتشافها.

أكد جون هاريس على أن "الإنسان" مخلوق قادر على تقييم وجوده ذاته. وهذا يقدم لنا، كما قال، تفسيرا معقولا لطبيعة الخطأ المرتكب ضد مثل هذا المخلوق عندما يحرم من وجوده. وعلى مدار عمره، سيتحول الفرد بالتدريج من كونه شخصًا أو إنسانا محتملا – ما قبل شخص – إلى إنسان حقيقى عندما يصبح قادرًا على تقدير وجوده ذاته. "وفى نهاية الأمر لو أنه فقد هذه المقدرة بصفة دائمة قبل موته، فإن صفة الإنسانية تنتفى عن وجودها." هذا كله معقول جدا ومترابط منطقيا، لكنى أشك فى أن معظم الناس سينظرون إلى أقربائهم الذين فقدوا عقولهم نتيجة لمرض الألزهايمر على

أنهم مازالوا أشخاصا. بالنسبة للكثيرين، سينطبق هذا على الأفراد المصابين بـ"موت المخ"، والأطفال الذين يعانون من فقد جزئى أو كلى للدماغ، أو الأفراد المصابين بحالة من الخمول المستديم. ولنفس الأسباب، لدى وجهة نظر متحفظة بنفس القدر فيما يخص الشخصانية فى بداية الحياة البشرية. لا أستطيع تحديد المكان بدقة. لكنى واثق من هذا: إن الكتلة المكونة من مائة أو مائتين من الخلايا والتى يتألف منها كيس الجذعة ليست شخصا.

ما من مشاعر أو مقدرة على الحس ستنشط بداخل كيس الجذعة بدون جهاز عصبى فاعل. وبالرغم من أن الخلايا الجذعية تؤخذ من جنين ما عند اليوم السادس أو السابع تقريبا بعد التلقيح، فإنها تكون فقط فى سن أربعة عشر يوما عندما تتألف من عدة آلاف من الخلايا وما زال حجمها لا يتجاوز نقطة فى نهاية جملة عندما يكون الجنين ما يعرف بالخط البدائى وهو أول وميض لآلية التفكير. هذا هو بشير الحبل الشوكى والعمود الفقرى والجهاز العصبى المركزى والذى سينمو فيما بعد. إنه يتجاوز أيضا تلك النقطة التى يمكن أن تحدث عندها التوأمة.

وهذا فى رأيى معلم هام على طريق التنامى. الآن وصلنا أخيرا إلى نقطة يحاول الجنين عندها أن يكون كائنا بشريا مفردا. يمكن أن تحدد هذه النقطة أساسا وبشكل موضوعى بكلمات المفكر اللاهوتى العظيم دايتريتش بونهويفر، اسمحوا لى أن أتقلد سيف الحكمة والبساطة الحاد.

لهذا السبب أشعر أنه بإمكانى أن أبرر استخدام أكياس الجذعة فى أبحاثى. ويثير هذا بدوره تساؤلات أخرى يألفها أى باحث يقوم بأبحاثه على المخلوقات الحية. هل يدرك كيس الجذعة؟ هل يشعر كيس الجذعة بالألم؟ إن الإحساس بالألم لن ينتج مالم تتكون التشابكات العصبية بين منطقتين أساسيتين فى الدماغ النامى، القشرة المخية، والمهاد. يحدث هذا متأخرا أثناء الحمل عند الأسبوع السادس والعشرين تقريبا. لا يوجد ألم، ولا معاناة، وبالتالى مامن وحشية محتملة ستقع على كيس الجذعة.

احترام الجنين

فى ضوء ما تمت مناقشته، أفهم وأساند قوانين المملكة المتحدة التى تحظر استخدام أجنة عمرها أكبر من أربعة عشر يوما فى البحث العلمى. إن ظهور الخط الأولى يمثل علامة على بداية جيدة بالنسبة للشخص، علامة على فائدة الشك بالنسبة لهؤلاء الذين يشعرون بالانزعاج حول الأبحاث عن الأجنة. أنا اعتقد أن استخدام أكياس الجذعة قبل هذه النقطة من النمو يمكن، بل وينبغى أن يبرر فى البحث المقنن بعناية، وفى ظروف معينة. ورغم هذا فمن الصعب القول بأن جنينا أصغر من أسبوعين لا يستحق بعض الاحترام.

بالرغم من أن الاحترام المُضْمَر للجنين المبكر كان أبعد ما يكون عن التوقعات المثالية بالحماية الكاملة، فإن القوانين البريطانية تظهر هذا الاحترام بطرق أساندها تماما: ينبغى استخدام الأجنة المبكرة فى البحث فى حال عدم وجود بدائل فقط، وفقط فى وجود تصريح بالموافقة، وضرورة الإبقاء على سجلات دقيقة مفصلة لضمان إحصاء أى جنين. يتوقع المرء أن يكون أى بحث يجرى على الجنين على أعلى درجة ممكنة من الجودة والمسوغات. كجزء من الاحترام الذى أكنّه للجنين، أتشارك مع الكثيرين فى الرؤية التى مفادها أننا يجب أن نستخدم ونتحرّى البدائل مثل الخلايا الجذعية البالغة.

بالرغم من التأنى الذى تبديه مجموعة روسلين حول هذه القضية، وكذلك السياسيون وغيرهم، أعرف أنى سأكون محل انتقاد. يقف على أحد الجانبين هؤلاء الذين مازالوا يؤكدون على أن بحثى على كيس الجذعة البشرى يعادل قتل البشر، وعلى الجانب الآخر، هؤلاء الذين يجدون اهتمامى بالجنين المبكر غامضاً. سأل جون هاريس:"هل يشبه هذا القول بأنى احترم الخنزير فى ساندويتش اللحم المقدد، وأنا أبذل ما فى وسعى لأجد شيئا أود أن آكله بكثرة مثل ساندوتش لحم الخنزير المقدد؟"

غير أنه يجب أن نكون واقعيين إزاء إمكانية اختزال القضايا الأخلاقية والمعنوية المعقدة، كى تصبح من قبيل المنطق الخالص. لقد أوضح ما أنجزه لكيرت جودل وآخرون أنه ليس من الممكن حتى استنتاج الرياضيات كلها من بديهيات المنطق، مما حدا بأحد متخصصى الرياضيات إلى المزاح بقوله إذا عرّفنا الدين بأنه منظومة من الأفكار تحتوى على روايات غير قابلة للإثبات، وبالتالى على عنصر إيمانى، فإن "جودل" إذن قد علمنا أن الرياضيات ليست عقيدة فقط، بل إنها العقيدة أو الدين الوحيد القادرة على إثبات نفسها كديانة." حتى هؤلاء العلماء الرافضين لفكرة الدين لابد وأن يكون لديهم بعض الشروط الإيمانية.

شكوك لكنها لا تخص كيس الجذعة

بالرغم مما بذله الفلاسفة من مجهودات جليلة، وبالرغم من إسهاماتى القليلة فى تلك المناظرات، فإن العلم على حالته الراهنة لا يمكنه أن يأتى بإفادة محددة للوضعية الأخلاقية للجنين المبكر. تتمثل إحدى العقبات الضخمة فى غياب الإجماع العام حول ما نعنيه بالحياة. اقترح عالم الفيزياء النمساوى البارز إروين شرويدينجر فى كتابه "ما هى الحياة؟" بأن هناك خاصية أساسية تتمثل فى قابلية الحياة لإنتاج نظام تكاثر وترتيبات للأشياء تبدو أنها غير متوقعة، بينما يقول القانون الثانى للديناميكا الحرارية بأنه إذا تركت الأشياء لحالها، فإن الأمور تميل لأن تنتهى بالحالة الأكثر ترجيحا: الفوضى غير المنظمة. ثمة فكرة أخرى تتعلق بالنشوء بشكل معقّد: الحياة نظام كيميائى ذاتى البقاء قادر على الخضوع لنظرية داروين فى النشوء. يمكن أن يضع المتخصصون فى البيولوجيا قائمة كاملة للخصائص المميزة التى تمتلكها كل الأشياء الحية تقريبا. فبالإضافة إلى القدرة على التكاثر، تشمل هذه الخصائص وجود المعلومات الجينية، التعقيد، التنظيم، وهكذا.

لكن الاستثناءات يمكن أن توجد دائما. على سبيل المثال لا يمتلك كل شىء يمكن أن نطلق عليه صفة "حى" القدرة على التكاثر، فالرجال الذين يعانون من العقم،

والنساء بعد سن انقطاع الطمث، البغال، والفيروسات كلها غير قادرة على التكاثر بذاتها. إن عطسة واحدة تبين كيف أن فيرس نزلات البرد يمكنه أن يدفع الخلايا الموجودة فى مجرى التنفس فى الإنسان لن تتكاثر وتنشره، بالرغم من أنه مجرد قطعة من برنامج جينى مندسة فى البروتين. الأشياء غير الحية أيضا تظهر بعض العلامات "الحية" فالبلورة، على سبيل المثال، قادرة على التكاثر الذاتى أثناء نموها، وهلمَّ جرا.

يحيط نفس الارتباك بالقضية الأساسية الخاصة بالوعى. فيمكننا الاتفاق جميعا على أن المخ البشرى لا يُضَاهَى فى مقدرته على التفكير، والتواصل، والاستنباط والجدل بالحجة والمنطق. الأكثر أهمية من بين هذا كله هو إدراكه المتفرّد لهويته الخاصة به وموضعه بالنسبة للفضاء المحيط به والزمن. لكن الوعى اشتهر بصعوبة تعريفه أو تحديده. تضعه العديد من الثقافات وتعاليم بعض الديانات فى مرتبة الروح التى هى بمعزل أو منفصلة عن الجسم. على العكس من هذا، يرى العلماء - وأنا من بينهم - والفلاسفة الوعى مرتبطا بصورة وثيقة بالوظيفة العصبية للمخ. إذا كان بمقدورنا تحديد اللحظة التى يصبح فيها الجنين النامى واعيا وتحديد مقدار هذا الوعى، فإن هذا سيرسى حدا جوهريا لهذا الجدل. أظل متشككا فى إمكانية تحقيق هذا.

سيجادل البعض بأننى واستنادا على ذلك لا أستطيع إثبات، وبشكل قوى، بأن كيس الجذعة ليس إنسانا، وبأن الجنين المبكر ينبغى أن يُمنح المزايا الناتجة عن ذلك الارتياب؛ ذلك أنه بالرغم من أنه ليس إنسانا على الأرجح، فإنه مازال يجب علينا معاملته على أنه إنسان أو شخص، مانحين إياه الحقوق الكاملة الممنوحة للطفل. سأقبل بأن هذا الشك اللانهائى حول وضعية الجنين المبكر سيكون بالفعل كافيا لوقف البحث العلمى. مرة أخرى، ومع ذلك، ينبغى علىّ القول بأنه ما من شك فى عقلى بأن كيس الجذعة لا يمتلك أى وعى. وبالرغم من أن الجدل الهادف لدعم التجارب على الأجنة يعجز عن الوفاء بما ينطوى عليه الدليل أو الإثبات الرياضى من دقة وصرامة، هناك أيضا أسباب أخلاقية وجيهة تدعو للاستمرار. أنا أحترم الجنين المبكر وله علىَّ

واجبات معينة لكنى أومن بشدة بأن هذه الحقوق التى له أو الواجبات التى علينا تجاهه قد تم تجاوزها إلى تلك التى ندين بها للبشر.

حقوق والدى كيس الجذعة

ثمة تغيير اجتماعى واحد فى عمرى أشعر حياله بالاستحسان وهو ما وصلنا إليه من حدود جديرة بالاعتبار لنوفر مبدأ تكافؤ الفرص ومع ذلك يختلف هذا كثيرا عن القول بأن كل جنين يستحق فرصة الحياة كما يقول بعض الناس، كما يختلف كثيراً عن القول بأن الآباء المحتملين ينبغى ألا يستثمروا العلم الحديث لمنع ولادة أطفال يعانون من أمراض وراثية.

ولأن الجنين غير قادر على الحكم على الأمور، فهو يعتمد على والديه ليقوما بما فيه مصلحته، وبالفعل سيقومان بذلك طالما استمر فى النمو إلى طفل. غالبا ما يهمل الجدل الدائر حول تكنولوجيات التكاثر الملحوظة التى مفادها أن البحث على الأجنة لا يمكن أن يستمر إلا بمعاونة هؤلاء الناس الذين وافقوا على استخدام أجنتهم فى التجارب. هؤلاء الناس لهم حقوق أيضا. فى الحقيقة حتى لو سمح بالاستنساخ التكاثرى فى مجتمعنا الديموقراطى اليوم (وأنا آمل ألا يحدث هذا أبدا)، وحتى لو كان جُلُّ ما يريده العلماء هو تحسين النسل على طريقة النازى التى يخشاها النقاد، فإن هذا من الممكن أن يحدث حال مصادقة شخصين أو ثلاثة فقط: الشخص المزمع القيام باستنساخه، المرأة التى ستهب بويضاتها، والمرأة (ربما واهبة البويضات) التى يفترض بها أن تحمل. تدعى الجماعات المدافعة عن حقوق المرأة بأن أجسام النساء يتم استغلالها بطريقة غير مقبولة فى هذه التكنولوجيات التكاثرية الحديثة. القضيه هنا هى أن أولئك الناس لديهم حق الاختيار، وأن يرفضوا ألا تستخدم أجنتهم بهذه الطريقة إذا لم يرغبوا فى ذلك.

لقد واجه بعض الآباء هذه الظروف بالفعل، وبما أننا تعلمنا المزيد عن الأمراض الجينية فى الإنسان، فإن الكثير منهم سيواجهونها. فى كثير من الحالات

سيحتوى الجنين على جينوم يجعله عرضة لمرض وراثى، أو أن يحكم عليه بقصر العمر. يمكن أن تُفْحَص أجنة التلقيح خارج الجسم عندما يعلم الوالدان بأن مرضا رهيبا سيتفشّى ببطء فى عائلتيهما، وبالتالى ستزرع الأجنة السليمة فقط، وسيتم التخلّص من الباقى. التشخيص الجينى ما قبل الازدراعى PGDيمكنه التعامل مع الاضطرابات التى تتورط فى اقترافها جينات بعينها بما فيها التليف الكيسى، أنيميا الخلايا المنجلية، الضمور العضلى، مرض تاى ساكس، ومتلازمة الهش. وقد مكنت التكنيكات الأحدث PGD من اكتشاف الشذوذ الكروموسومى المسبب لمتلازمة داون، وبعض اضطرابات خلايا الدم.

فتنامى الامكانيات، واستخدام هذه الاختبارات يرجع لقرار الوالدين: إن تأثير اختبار ما على جين ذى طفرة سواء أكان إيجابيا أو سلبيا، قد يكون له عواقب لن تصيب الجنين وحده وإنما الأسرة ككل. بعض هذه العواقب ليست ظاهرة فى العادة. فكر بامرأة فى منتصف العمر على سبيل المثال، والتى تكتشف من خلال توأمتها المتطابقة التى تخضع لـ PGD بأنها لا تحمل جين المرض التفسخى المدمر الذى قتل أمها: ربما تعتريها مشاعر مختلطة لو أنها أمضت حياتها تتجنب إقامة علاقات مع الرجال والضغط النفسى الناتج عن مجرد التفكيرفى إنجاب الأطفال.

ماذا عن الأجنة الفائضة عن الحاجة والمنتجة أثناء علاج العقم والتى لا نعرف إذا ما كانت عرضة للأمراض الوراثية أم لا؟ أحيانا ما يكون الزوجان محظوظين لامتلاكهما العديد من الأجنة السليمة والتى يمكنهما الاحتفاظ ببعضها حتى بعد إنجابهما للأطفال. من المرجح أن يتم تجميدها وتخزينها، بحيث يصبح من الممكن تأخير القرار الذى يتخذ بشأنها أحيانا إلى ما بعد إنتاجها بسنوات. ربما يختار الزوجان وهبها لزوجين آخرين يعانيان من العقم ولم يحالفهما الحظ الوفير، لكن عليهما أن يتقبلا فكرة أن أحدا آخر سيقوم بتربية الأطفال الذين سينشأون من هذه الأجنة. ربما يختارآخرون وهب الأجنة الفائضة لغرض البحث العلمى كما حدث فى حالة إنتاج خطوط سلالية لخلايا جذعية جنينية. ربما لا يزال البعض يقررون تدمير تلك الأجنة. إذا لم يستطع الزوجان التفكير جيدا فى أن طفلا يخصهما يولد فى

أسرة مختلفة أو أن تستخدم أجنتهما فى البحث العلمى، فإن هذا سيكون الخيار الوحيد المتاح أمامهما. فى بريطانيا يشترط القانون مرور خمس سنوات من التخزين على الأجنة المجمدة كحد أقصى قبل أن يذاب عنها التجميد، وإما أن تُستخدم أو تُدمّر. يجب أن يكون الزوجان على علم بهذا الموعد الأخير قبل أن يبدآ فى علاج العقم.

العديد من الناس يتبنون وجهة نظر نفعية. ربما لا يساندون إنتاج أجنة خصيصا للبحث أوالعلاج، لكنهم يقبلون بأن الأجنة الموجودة بالفعل يجب أن تستخدم بدلا من أن تدمر. وكنتيجة للصعود المذهل للـ IVF على مدار العقدين الفائتين، تخلفت عن علاجات العقم أعداد كبيرة من أكياس الجذعة. من بين الـ ٧٦٣,٥٠٩ جنين التى تم إنتاجها بواسطة الـ IVF ما بين عامى ١٩٩١، ١٩٩٨ فى بريطانيا على سبيل المثال تم تخزين ١٨٤,٠٠٠ منها، استخدمت ٤٨٠٠٠ فى البحث العلمى، وتم تدمير ٢٣٨,٠٠٠ منها. يقول النفعيون: إنه من الأفضل استغلال هذا المورد الثمين – بعد إذن الزوجين المعنيين – بدلا من إهدارها. إنهم يؤكدون على أن هذا يمنح للجنين أعظم احترام. حقا، يقولون بأن استخدام أكياس الجذعة الاحتياطية فى البحث العلمى لتطوير علاجات جديدة وتعميق الفهم للأمراض الخطيرة هو أكثر من كونه يمكن الدفاع عنه أخلاقيا: إنه التزام أخلاقى.

ماذا إذن بخصوص إنتاج أجنة لأغراض محددة كالبحث العلمى أو العلاج؟ فى الاثنتى عشرة سنة التالية لسن القانون البريطانى فى ١٩٩٠، أنتج ١١٨ جنينا فقط بغرض التجارب العلمية مقارنة بمئات الآلاف من الأجنة المستخدمة من أجل الـ IVF. وحدث هذا بشكل صحيح، لأن إنتاج كيس الجذعة المخصص للبحث العلمى يجب أن يكون الملاذ الأخير فى المواقف الاستثنائية. مرة أخرى، تختلف الظروف. ربما رغبت امرأة سليمة البدن فى أن تهب بويضاتها على اساس معرفتها بأنها لن تستخدم لإنتاج الأطفال بل لإنتاج أجنة مستنسخة مصابة بأمراض وراثية من شأنها أن تقدم فرصا جديدة لفهم المرض واختبار العقاقير وهكذا. إن جنينا واحدا يقدم فرصا لانهائية للبحث العلمى، نظرا لأنه بمجرد إنشاء خط سلالى واحد من الخلايا الجذعية، فإن من الممكن تنميته فى المختبر لسنوات. ربما ستختار أن تفعل هذا لأنها سبق وأن

شهدت معاناة طفل ما، صديق، أو زميل، وتفهم ما ينطوى عليه البحث العلمى من قيمة محتملة. آخرون يدركون من خلال تجارب من المعاناة الشخصية بأن هذا البحث يمكنه أن يقضى عليها. تطلب مجموعتى من الناس المصابين بأشكال وراثية من الأمراض الحركية العصبية أن يمنحونا خلايا يمكن استخدامها فى النقل النووى لإعادة تخليق الخلايا - فى المختبر - التى كانت فى أجسامهم فى حياتهم المبكرة. نأمل بهذه الطريقة أن نحصل على أول نظرة للسبب الرئيسى الذى يجعل الأمور تنحى هذا المنحى الخاطىء. يدرك الواهبون بأن الفرصة فى أن يساعدهم هذا البحث محدودة، لكنهم يرغبون فى مساعدة مرضى المستقبل.

وأيا كان الدافع، فإنه من الجوهرى أن يتم إخبارالواهبين عن هذا جيدا. تلك المعلومات يجب أن تأتى من قبل مصدر غير متحيز لا يطمح للانتفاع من البحث أو العلاج. وينبغى ألا يوجد مجال لأى مكافأة مادية من أجل الواهبين. غالبا ما ستصبح الظروف صعبة ومشحونة بالعواطف. تتمثل مسؤلية المستشار، فى ظروف نموذجية تكون المرضة، فى وصف ما الذى سيحدث للواهب : الشعور بعدم الراحة الجسدية الذى سيعانون منه، وخطورة أى أثر طويل المدى على صحتهم. يجب أن يعى الواهبون جيدا ما الذى سيحدث فى المختبر، وإلى أية مرحلة سيسمح للجنين بالنمو. يجب ألا يمارس ضغط من أى نوع على أولئك الذين لا يقبلون بإنتاج أو تدمير الأجنة لتغيير آرائهم. يجب أن يُمْنَح الواهبون المحتملون وقتا للتفكير مليا فى المعلومات كلها وأن يعيدوا التفكير فى مدى رغبتهم. واهبو الخلايا لهم كل الحق فى الرفض.

عامل الازدراء

يثير المعارضون المتزمتون اعتراضات أخرى ليعبروا عن اشمئزازهم من المعالجة الميكانيكية للأجنة. يدعى البعض بأن الاستنساخ العلاجي وأطفال أنابيب الاختبار تحطّ من قدر إنسانيتنا. بالكاد، تعد المقدرة الإبداعية الاستثنائية التى جعلت النقل النووى والتلقيح خارج الجسم ممكنين خصيصة بشرية ظاهرة. يتهم كثير من النقاد

البحث العلمى على الأجنة بأنه يهين كرامة الإنسان. فالكائنات البشرية تستحق الاحترام. لكن حينئذ ستكون كذلك كل الأشياء الحية التى لها القدرة على الشعور والتفكير إلى حد ما. إنه ليس من مظاهر التبجيل أن نستخدم براعة الإنسان للتغلب على العقم، أو لمداواة مرض ما، للتخفيف من المعاناة: لا اعتقد ذلك. فى الحقيقة العكس هو الصحيح: بالتأكيد عندما يقوم الاستنساخ باستبدال الخلايا العصبية لإصلاح دماغ أصيبت بخرف الشيخوخة فإن هذا أكثر تبجيلا من ترك مريض الألزهايمر يفقد ذكرياته، أصدقاءه، منزله، وحتى القدرة على التحكم فى وظائف أمعائه؟

يؤمن كثير من النقاد بأن بحثى "غير طبيعى". يثير هذه الشكوى العديد من التساؤلات حول ما الذى نعنيه بكلمة "طبيعى". عندما يتعلق الأمر بالكوكب الذى نعيش عليه، على سبيل المثال، أى عهد من عهود أمنا الأرض كان الأكثر طبيعة وبالتالى علينا أن نكون مخلصين له. الأرض كما كانت عليه من مائة عام مضت أو ألف سنة مضت؟ أو قبل أن تثرى البكتيريا جوها بالأكسيجين؟ أو ربما الأرض المبكرة جدا تلك التى رزحت تحت جحيم من وبيل القذائف لأربعة ملايين سنة عندما كان كوكبنا الوليد يكنس النفايات الكونية، والحطام فى مداراتها المجاورة! وماذا عنا نحن؟ إذا كنا كبشر طبيعيين، فهل تكون الأدوات التى نطورها كذلك؟ ولو لم يكن الأمر كذلك، هل تعد الأدوات التى تستخدمها غربان كلادونيا غير طبيعية وماذا عن الطُعْم الذى تستخدمه القردة لاصطياد الأسماك، وتلك الصخور التى تسقطها النسور المصرية على بويضات النعام؟

كثير من الأشياء التى تبدو مألوفة فى الطبيعة فى الواقع تكون غير طبيعية عندما تخضع للتدقيق العلمى. عندما تصاب بنزلة برد رشحية، فإن ذرة من المادة الجينية ملتفة فى بروتين (فيروس) تغزو المجرى التنفسى لديك، وتغير خلاياك جينيا لتصبح مصانع للفيروسات. بالنسبة للكثير من الناس ربما تبدو فكرة الجينات الدخيلة التى تسيطر على أنوفهم خيالية. لكنها تحدث كل يوم. ربما يكونوا مشوشين أيضا عندما يكتشفون بأن خلاياهم تزود بالطاقة بواسطة التكنولوجيا الجرثومية ، تراكيب تسمى

بالميتوكوندريا والتى كانت ذات مرة كائنات مستقلة، ولكن بعد ذلك ومنذ حوالى بليونى سنة مضت اتخذت من خلايا أسلافنا موطنا لها، مقايضة الطاقة فى مقابل موطن مريح ومستقل. يعتمد هؤلاء الناس أيضا على كيلوجرامات من الجراثيم ليهضموا طعامهم. فى الواقع، تتفاعل بعض من هذه الميكروبات مع الخلايا المعوية، التى تسمى خلايا بانثر لتحسين تنامى الأوعية الدموية فى الأغشية المعوية بعد الولادة. يبدو الأمر مذهلا مثل حبكة فيلم الخيال العلمى B أو عنوان رئيسى فى جريدة (تابلويد) – لكن الجميع، من الأمراء إلى الغوغاء، محملون بالجراثيم.

ما زال الكثير من الناس يتوقون إلى عالم أكثر طبيعية. ما كنت لأتعاطف مع هذا الجدل لو أنه جاء من واحد من جامعى الفرائس[1] الذى ليس لديه – ولا يريد – أى تعامل مع الحواسب الآلية، السيارات، المضادات الحيوية، المطهرات، أو أية زخارف "غير طبيعية" من تلك التى تميز الحياة العصرية وتجعلنا نعيش أمدا أطول، ونشعر براحة أكبر عما ذى قبل. لكنه فى العالم المتقدم يعد الافتراض القائل بأن "الطريقة التى تعمدت بها الطبيعة إنجاز الأمور هى الأفضل " مغالطة. فى مثل هذه الحالة من الطبيعية – أو فى مرحلة مبكرة من تاريخنا، والتى تقترب بصورة أكبر منها عن اقترابها من حالة الجنس البشرى فى المجتمع الصناعى المتأخر – سيكون هناك العديد من وفيات الأطفال أثناء ولادتهم، الكثير من الناس الذين يموتون من جراء العدوى، والكثير من المعاناة. ما من أحد سيقترح العودة إلى مثل تلك المرحلة على الأرض لأنها أكثر "طبيعية". ما من أحد يندب انقراض الجدرى. لا أحد ينظر للوراء تجاه الأيام الخوالى الجميلة قبل أن تسكن الآلام. عندما ندفىء بيوتنا، ونقود سياراتنا إلى العمل، أو نتناول الباراسيتامول عندما يصيبنا الصداع، نتجاهل بشكل مناسب، هذه المغالطة فى حياتنا اليومية لكن مجرد ذكر الاستنساخ غالبًا ما

(١) جامع الفرائس: هو عضو فى جماعة من الناس الذين لا يعيشون فى مكان واحد وإنما يتنقلون ويعتاشون من صيد الفرائس والأسماك وجمع النباتات (المترجمة).

سيستحث الصيحات الحماسية التى تدعو إلى ضرورة رفضه تحت دعوى "الطبيعة تعرف أفضل".

يمكننى التأكيد أيضا على أن الاستنساخ (ولو كان بغير عملية النقل النووى التى استُخْدمت فى إنتاج دوللى) هو الشىء الأكثر طبيعية فى العالم. برغم كل شىء فى البدء كان المستنسخ. منذ أربعة بلايين عام، نشطت تفاعلات كيميائية متضاعفة على كوكب الأرض الوليد. تم غرس بذرة الحياة بواسطة هذه التفاعلات والتى كاثرت فيها الجزيئات نفسها لتنتج "مستنسخات كيميائية". لقد بدأت تباعد بين الخط الفاصل الذى يفصل بين الجزيئات المتكاثرة، والمضاعفات البسيطة والأنواع الأخرى من الكيماويات الميتة وتلك الكيمياء المفعمة بالحياة، نشأ شىء أمكننا تصنيفه اليوم على أنه حى - تفاعل كيميائى ذاتى التضاعف ملفوف بداخل غشاء شفاف واق. بداخل هذا الكائن الأول، تشارك بلايين من الجزيئات البكماء التى بلا هدف فى حركة راقصة معقدة ممكنة إياها من الإنشقاق. عندما أصبح الواحد اثنين، ولد أول مستنسخ.

من الممكن أن يكون أثر الكيمياء التى تحولت بداخل ذلك المستنسخ الفعلى الأول مازال موجودا بداخل خلايانا. يمكن النظر إلى عملية الشق عندما تنقسم الخلايا التى فى أجسادنا على أنها نوع من الاستنساخ. كذلك يمكن اعتبار عملية مضاعفة الجينات أثناء انقسام الخلية استنساخا. كل خلية من خلايا جسمنا مستنسخة من كل الخلايا الأخرى ومن البويضة الملقحة الأصلية. مجموعات الطاقة الكيميائية الميتوكوندريا التى تقود خلايانا، تقوم باستنساخ نفسها لتساعد على الاستمرارفى الأجيال القادمة. نحن ندين بمعظم أصولنا القديمة ووجودنا المستمر للاستنساخ. بعد ذلك، كان هناك بالطبع "المستنسخ" الذى نشأ بواسطة تكنيك يسمى بالنقل النووى مثل دوللى. هذه الطريقة لعمل نسخة جينية من مخلوق ما غير فاعلة لحد كبير. محاكاة غير مميزة أخرى لهذه العملية تقوم البكتيريا بتنفيذها عفويا لملايين السنين.

من بين كل صيحات الازدراء، صدرت أعلاها عن هؤلاء الذين يساورهم قلق إذا ما تم السماح باستنساخ الأجنة لأغراض علاجية، بأن ننتهي بشكل يتعذر اجتنابه إلى استنساخ الأطفال الرضع. بقدر ما يضعنا استخدام جنين في عمر ستة أيام على منحدر زلق، فإنه ما من شيء مميز في ذلك. إن أقدامنا تنزلق على منحدر زلق وشاهق الارتفاع عندما يتعلق الأمر بمداواتنا للحيوانات، وفي تشريعاتنا التي تخص الإجهاض، وتلك التي تضبط السلوك الجنسي. إنها مهمة الديموقراطية المناط بها تقرير، إلى أي مدى ينبغي أن يُسمح لأقدامنا بالانزلاق. لا أستطيع أن أنكر أن البحث العلمي في الاستنساخ العلاجي سيساعد حتما في شحذ التقنيات التي يمكن استخدامها في الاستنساخ التكاثري. لكن الاستنساخ التكاثري سوف يحدث. إنه محظور في بريطانيا، بينما يسمح بالاستنساخ العلاجي وإن كان تحت قوانين صارمة. لا يهم مدى انحدار هذا المنحدر، فمن السهل أن نرسم عليه خطا محددا بدقة في هذه الحالة بعينها. يمكن للمجتمع أن يستفيد بما هو نافع، وأن يرفض الضار.

النفوذ .. المسئولية .. والتناسل

إن المخاوف المثارة من قبل الانتهازيين حول البحث العلمي ليست جديدة. لقد خرج أهالي المدينة التي أعيش فيها في مظاهرات ذات مرة ليحتجوا على استخدام المواد الطبية المخدرة أثناء ولادة الأطفال. ولد بروفيسور جيمس سيمبسون عام ١٨١١ لأسرة يعولها خباز فقير من إدنبره، وهو الابن السابع بين ثمانية أبناء. لقد كان بالغ الذكاء وشغوفا للغاية. عندما كان أستاذا معينا في الطب والقبالة في سن صغيرة بصورة ملحوظة في التاسعة والعشرين من عمره، أدخل استخدام الإيثير والكلوروفورم في عمليات توليد النساء. لكنه واجه اعتراضات.

ربما انطوى التخدير في الماضي على مخاطر. لقد أضيفت الاعتراضات الدينية إلى المخاوف المعروفة المتعلقة بالسلامة. لقد كان هنالك اعتقاد بأن الألم ضروري

بالنسبة لتقدم عملية الولادة بشكل طبيعى، بينما تبنى رجال الكنيسة (وبعض الأطباء) اعتقاداً بأن التخدير فى محوه للآلام التى تُشكل عقاباً من الله لجنس النساء على غوايتهن لآدم بالخروج من الجنة، يعتبر إثمًا لأنه يحول دون تنفيذ العقوبة التى تفرضها الذات العليا. إن رجال الدين المحليين، الذين كانوا جميعًا بالطبع من الرجال، انتصفوا للفكرة القائلة بأن المرأة منذورة للمعاناة فى الولادة. غير أن بعض كبار رجال الدين تحلوا بأفكار داعمة، وبالتدريج تمكن سيمسون من الانتصار فى القضية، خاصةً بعد استخدام الملكة فيكتوريا للكلوروفورم أثناء ولادة طفلها الثامن - الأمير ليوبولد عام ١٨٥٣- ولم تزل العيادة المحلية تحمل اسم سيمسون، ويقال إنه عندما مات اصطف فى جنازته ثلاثون ألفًا من المُعَزين فى شوارع إدنبره. وتم تثبيت لوحة تذكارية فى دير ويستمنستر كُتِب عليها، "إلى من يدين العالم لعبقريته وعطائه بدعوات أولئك الذين استخدموا الكلوروفورم للتخفيف من معاناتهم."

لقد انشقت تطبيقات المعرفة عن ثورات غضب مماثلة منذ أن عرف أسلافنا لأول مرة كيف يشعلون النار. إن حظر كل أنماط الاستنساخ - سواء كان علاجيًا أو تكارثريًا - يتطابق مع محاولة العصر الحجرى لحظر استخدام النيران تحت دعوى إمكانية إضرامك للنيران فى كوخ جارك ، حتى على الرغم من أنها تطهو لك الطعام وتحافظ على دفء جسمك. إن فهم الكيفية التى تمكن بها فيروس الإنفلونزا من قتل ما يقارب الخمسين مليون شخص عام ١٩١٨ يمكن اساءة استخدامه فى إنتاج وسيلة حرب بيولوجية تمامًا كما يُستخدم فى إنتاج لقاحات وعقاقير لمنع وحصار وباء شامل فى المستقبل. إن علم الأحياء الذى سوف يسمح للناس باستنساخ الأطفال الذى ربما يفضى إلى عواقب وخيمة (لو تمكنوا من البقاء على قيد الحياة حتى الولادة)، سوف يساعدنا أيضًا فى علاج بعض الأمراض بالغة الخطورة.

كلما سمعت عن دعاوى لفرض ضوابط شاملة على التكنولوجيا الجينية، أفكر فى مرضى القلب الذين ماتوا وهم فى انتظار عملية زرع قلب، لأن المناهضين لحقوق الحيوان دافعوا عن حقوق خنازير الزرع الغيرى، أو أن تُضطر أمٌ لمشاهدة معاناة ابنها، لأن المتعصبين أو المتزمتين اتخذوا إجراءً قانونيًا يمنعها من الحصول على ما

أسموه "الطفل المصمم لأغراض علاجية" (تقنية تعتمد على انتقاء الأجنة وليس التعديل الجينى، حسب ما يفترضه هذا التوصيف الازدرائى). إن التخلى عن تكنولوجيا (موصومة بدرجة معينة من الخطورة) إجمالاً يمكن أن يقتل، ويعرقل ويؤذى الأجيال القادمة بمنع هذه التكنولوجيا من تقديم أى خير على الإطلاق. على المجتمع أن ينتهز الفرص لتقديم العون والتأكد من عدم إضاعة الفرص الجديدة المهمة جراء الخوف من المعرفة الجديدة. لابد وأن نكون على أهبة الاستعداد لتغيير وجهات نظرنا وأحكامنا على الأمور فى ضوء ما يأتى من اكتشافات جديدة. إن كل تقدم فى علوم التكاثر يفضى إلى موجات صادمة فى المجتمع. ربما يكون الـ IVF هو أفضل الأمثلة المعروفة، حيث يتم تلقيح البويضة فى المختبر وتتم زارعة الجنين الناتج فى الأم. فى الحقيقة ما كنا لنتمكن من إقامة جدل حول وضعية الجنين بدون هذا البحث. وبعيداً عن منح الأمل للملايين من الأزواج الذين بلا أطفال، فإن الـ "آى فى إف" يفتح لنا الباب لدخول العالم الخفى للبويضة والجنين البشريين.

لو أننا تعلمنا شيئًا ما من لويز براون – أول طفلة فى العالم وُلدت بالتلقيح خارج الجسم (الآى فى إف)، فإن هذا الشىء هو أن ردة الفعل المفاجئة تلك التى قوبل بها الاستنساخ، من المرجح أن تعبد الطريق لقبول بعض استخداماته – وليس بالضرورة كلها – عندما يُدرك العامة الفوائد المتمثلة فى القدرة على تنمية خلايا استبدالية لإصلاح عضو تالف. إن الكثير من التطورات العظمى فى علم الأحياء قد أثارت نفس انتفاضات الفزع الجارفة تلك. لقد كان أول نقل مقصود للجينات بين الميكروبات وأول زراعة من بين انتفاضات الفزع الجارفة تلك؛ والآن تُعد هذه العمليات من الإجراءات الروتينية اليومية. أود أن أعتقد بأن نفس الشىء سوف يحدث إزاء استخدام النقل النووى لاشتقاق الخلايا أو لتعديل الاختلالات الجينية فى البشر. إن علاج المرض الجينى هو أحد تطبيقات الاستنساخ، وذلك لإنتاج طفل ربما يقدم للمجتمع خيراً حقيقيًا، كما سأحاول التوضيح لاحقًا.

الفصل الثامن

لماذا ينبغى ألا نستنسخ الأطفال

عندما حملت ليزلى براون للمرة الأولى فى ابنتها لويز لأول مرة، كانت صامتة. لقد كان التعبير المرتسم على وجهها فائقا للعادة بكل ما تحمله الكلمة من معنى كما لاحظه أحد الأطباء الموجودين عند ولادتها فى مستشفى أولدهام وديستريكت العام. بعد حوالى دقيقة استدارت نحوهم وقالت، "شكرا لكم على طفلتى." رفض جون براون أن يحمل ابنته الصغيرة فى البداية – لقد كان يرتجف بشدة فى ذلك الذى يسميه اليوم أجمل يوم فى حياته. بالنسبة للعلماء أيضا كان ذلك اليوم ٢٥ يوليو ١٩٧٨ تاريخيا. فى ذلك اليوم ولدت طفلة بصحة جيدة تم الحمل بها فى طبق بترى زجاجى، أول طفل أنابيب فى العالم. لقد مُنِحَ منذ لويز أكثر من مليونى طفل للآباء الذين أخفقوا فى إنجاب الأطفال بطريقة أخرى.

لقد ساعدت ولادة لويز براون على تدشين ثورة فى تكنولوجيات التناسل والطب والتى ما زالت تغير العالم، واضعةً القيم الأخلاقية تحت الاختبار، ومثيرة للمناظرات العقائدية. وكواحد من رواد التلقيح خارج الجسم، قال روبرت إدواردز مدللا على تأثيرهم،"لقد غيّروا موقفا، لقد غيروا طريقة إنجاز الأشياء، لقد غيروا مبدأ أخلاقيا. لقد غيروا الطريقة التى ترى بها الأمة نفسها." تعد قصة لويز استثنائية لما تمنحنا إياه من استبصار بخصوص العلاقة بين المجتمع وعلوم التناسل، عندما يتقابل اليأس الذى يعانى منه الأزواج الذين بلا أطفال – والذين يؤلفون ما بين ٩ إلى ١٥ فى المائة

من الآباء المتزوجين كلهم – مع الطموح والشغف العلمى للأطباء. كما أن قصتها ذات صلة وثيقة بالنقاش الدائر حول الاستنساخ. فقبل أن يتم الحمل بها، كان التناسل البشرى يعتبر مقدّسا تقريبا. فقد بدا الأمر وكأنه مسألة تخص "اللاهوتيين، بدلا من أطباء النساء والعلماء". بالرغم من كل الشكوك، أصبح التلقيح خارج الجسم مقبولا لأن البؤس البشرى كان القوة الدافعة له، كما هو الحال مع الاستنساخ العلاجى.

لكن هل سيكون الأمر على نفس الشاكلة أيضا فى حالة الاستنساخ التناسلى، "عمل نسخ من البشر"؟ وبينما سيمتعض الملايين من الفكرة، توجد قلة من الناس اليائسين والذين يمكن أن يمنحهم الاستنساخ الآمال – وكلها زائفة – سيوجد البعض، مثل عالم البيولوجيى ريتشارد كينز، والذين لديهم شغف أصيل بخصوص استنساخ أنفسهم ("أنا أجد فكرة أنه بإمكانى أن أرى نسخة مصغرة منى، وأصغر فى العمر بخمسين عاما راسخة عندى بشكل شخصى"). سيكون هناك فئة قليلة من الأطباء الآملين فى استثمار يأس هؤلاء الناس ليؤمنوا معاشهم بل وحتى ليصنعوا ثرواتهم، ويضمنوا مكانهم فى التاريخ. سيتحدث آخرون عن حاجتنا لنكون عمليين، وحول الظروف التى يمكن بها تبرير استنساخ طفل. لكن وكما قال برتراند راسل ذات مرة،"المذهب العملى مثل حمام دافىء يسخن ببطء إلى الحد الذى لا تعرف معه متى تصرخ من الألم." ستسنّ العديد من الدول التشريعات لكى تضمن أننا لن نصل إلى نقطة غليان الاستنساخ التناسلى. مع ذلك، القوانين تحظر؛ لكنها فى العادة لا تمنع.

أنا لا أعتقد أن المغزى الأخلاقى لقصة التلقيح خارج الرحم لا تشبه تلك الخاصة بعلوم التناسل فى شىء، بما فيها استنساخ الأطفال. وكما ناقشت من قبل، حين عرضت لعمل ستيفن ليفيك، هناك أسباب وجيهة لكيلا نستنسخ. لقد قام الناس بالفعل باستنساخ الحيوانات الميتة مدفوعين باعتقاد خاطىء بأن التوأم الجينى الناتج سيكون نوعا من البعث لرفاقهم الذين فقدوهم. كل شىء بداية من لون المعطف وحتى سلوكيات تلك المستنسخات أكدت بدقة على مدى خطأ هذا. ولأنه لا يوجد شىء يماثل ما يسمى

بالجبرية الجينية، لا يجب أبدا أن يحل المستنسخ محل طفل مفقود. أشار ليفيك أيضا إلى ارتباك الهويات الذى ستقاسيه طفلة عند اكتشاف كونها توأم أمها المتماثل، أو ربما حتى توأم جدتها المتماثل. حذر آخرون من التفرقة العنصرية ضد المستنسخين، أو "الاستنساخية".

لقد كانت هناك، فى الأساس، غاية حقيقية وراء الإخصاب خارج الجسم، والتى دفعته للأمام من خلال الجهود التى بذلت للتخفيف من ذلك الأسى. والدا لوين، ليزلى وجون، كانا زوجين لم يتمكنا من إنجاب الأطفال. فى ذلك الوقت، كان هناك زوج واحد من بين ثمانية أزواج لا يستطيع الإنجاب. منذ ذلك الحين منح ذلك التكنيك الأمل لملايين الناس. طبقا لجمعية الإخصاب البريطانية، فإن ٢ بالمائة من كل الرضع المولودين فى المملكة المتحدة عام ٢٠٠٥ أنجبوا بفضل تكنولوجيات التناسل المدعم.

بعض المناصرين للاستنساخ التكاثرى ادعوا بأن الرجال والنساء المصابين بالعقم يستطيعون الآن أن يلجأوا إلى النقل النووى ليحصلوا على أطفال، والأزواج المثليين يمكنهم إنتاج طفل من كيميرا مخلوط من جنينين مستنسخين، لكنى أجد أنه من الصعب تخيّل سيناريو ما، حيث يمكن أن تُبَرِّر المخاطر الضخمة للاستنساخ والتى سأوضحها بالتفصيل فى هذا الفصل مع وجود مجموعة من البدائل المتاحة مثل التبنى، استخدام الأمهات البديلة، والمدى الواسع المتاح من علاجات العقم.

لو أن المرء قبل بأن تطبيقات العلوم التناسلية ستتقدّم للأمام بواسطة المنظورات النفعية، حيث هناك فوائد ملموسة للمجتمع ومخاطر ضئيلة نسبيا، فإنه لا مكان فى المستقبل للاستنساخ التناسلى. مع ذلك، أنا اتصور ظرفا واحدا، وهو موضّح فى الفصل التالى، يمكنه أن يبرر ولادة طفل بواسطة النقل النووى. ورغم ذلك، وفى تلك الحالة لن يكون الطفل مستنسخا من شخص ما.

يدعى العلماء الخارجون عن فكر الجماعة بأن العمل على دوللى والحيوانات الأخرى قد أرسى قاعدة الاستنساخ البشرى. ثمة شيئان يقالان بهذا الصدد. أولهما، أنه – كما نوقش بالفعل، وتم تبيانه جيدا من قبل ستيفن ليفيك – ستكون هناك عواقب اجتماعية غير مقبولة بالنسبة للطفل المستنسخ الذى يكون توأما متطابقا جينيا مع شخص آخر. ثانيهما ما أثارته الأبحاث على الاستنساخ من مخاوف خطيرة حول تأثيره على الأمهات اللاتى يلدن المستنسخين، والمستنسخون أنفسهم بالأخذ فى الاعتبار تدنى مستوى فعالية وارتفاع نسبة مخاطر النقل النووى. وبالرغم من أن النقل النووى يصبح أكثر أمانا وفعالية، فإن تجارب استنساخ الحيوانات أثبتت حتى الآن أن احتمالية الإضرار أعظم بكثير من تلك التى قد يسببها التلقيح خارج الرحم. ضرر كبير جدا لدرجة أن المنافع العائدة يجب أن تكون بالغة الوضوح حتى تكون مسوِّغا للتعرض لكل تلك المخاطر.

لقد بدأنا بـ ٢٧٧ من البويضات المعاد برمجتها لإنتاج دوللى. تسع وعشرون منها فقط تمكنت من الوصول إلى المرحلة التى يمكن معها ازدراعها بداخل ثلاث عشرة أما بديلة. من بين تلك الأمهات البديلة حملت واحدة فقط بدوللى. يقول البعض بأن معدل النجاح هذا المقدّر بواحد فى التسع والعشرين ليس سيئا. لقد قالوا بأن الاستنساخ التناسلى يمكن حتى أن يبدو جذابا ، حينما عادت للأذهان ذكرى أنه قد تم فحص هذه الأجنة لاكتشاف الاختلالات الكروموسومية، وهى مشكلة تؤثر على حوالى نصف بويضات المرأة تحت سن الأربعين، كما تؤثر على نسب أعلى من بويضات النساء الأكبر سنا.

لكنه ما من شخص عاقل وحصيف التفكير سيريد حقيقة استنساخ طفل على خلفية الرقم القياسى الذى ضربه فريقى والفرق الأخرى حول العالم فى هذا المضمار الكئيب. ولإعادة تجربة دوللى على البشر، سيعنى هذا ضرورة الحصول على حوالى

٣٠٠ بويضة، وهناك بالفعل نقص فى موارد البويضات، ثم تكمن صعوبة فى إقناع ٢٩ امرأة للموافقة على ازدراع الأجنة بداخلهن. ٢٨ منهن سيخضن تجربة فشل الحمل، والإجهاض، وتشوه الأجنة بما تنطوى عليه من ألم واضطراب فى المشاعر، كل هذا من أجل أن "يصمد" جنين واحد لينتج طفلا. إن إقناع امرأة واحدة بأن تلعب دور الأم البديلة لمستنسخ يجعل المشروع كله رهيبا كذلك. بالنسبة لى، إن تجربة البؤس الإنسانى والمعاناة هذه تبدو غير متخيّلة فى مجتمع حر. مع الأخذ فى الاعتبار الاختلافات بين البشر والنعاج، فإن المعاناة التى سيتسبب فيها مجرد إنتاج مستنسخ بشرى واحد يمكن أن تكون شديدة الوطأة للغاية. حتى بالنسبة لبليونير فاسد فى مجتمع لاأخلاقى سيكون الأمر عسيرا عليه، للانغماس فى خيالات الاستنساخ النرجسية. إن استنساخ البشر عمل غيرمسئول جنائيا.

هل سيكون للمستنسخ البشرى سرة كبيرة؟

منذ مولد دوللى، وهناك القدر الكافى من تجارب استنساخ الحيوانات التى رسمت صورة مزعجة ومفصّلة للمخاطر الجسمانية للاستنساخ البشرى باستخدام التكنولوجيات الحالية، بالإضافة إلى المخاطر السيكولوجية وما هو أبعد منها. فقد نشرت مجموعات مستقلة فى الوقت الراهن تقارير مفصلة على استنساخ الأبقار أكدت على أن الاستنساخ البشرى الآمن يظل بعيد المنال. ترأس جون بول رينار أحد أهم البرامج البحثية فى الاستنساخ فى المعهد القومى لبحوث الهندسة الزراعية (INRA) فى جوى أو جوسا بالقرب من باريس. كان رينار أول من استنسخ جرذا (رالف الجرذ الصغير الشهير)، وأول من استنسخ أرنبا. قدم فريقه أيضا معلومات مستقلة بخصوص إمكانية استنساخ الفئران، وأن الاستنساخ يمكن إنجازه بواسطة الخلايا المتمايزة ، هذا الأمر الأخير كشف عنه عندما تم كشف النقاب عن العجلة مارجريت فى عرض باريس الزراعى ("تحيا المستنسخات!" كما ذكرت مجلة نيوسايئنتست عام ١٩٩٨).

لقد عمل فريق رينار باجتهاد ليقارنوا بين عمليات الحمل التى حدثت فى حوالى ٣٠٠ بقرة بعد نقل أجنة التلقيح خارج الجسم مع تلك الناتجة بعد نقل الأجنة المستنسخة المشتقة من ثلاثة مصادر مختلفة من الخلايا الواهبة: الخلايا البالغة، الخلايا الجنينية، وخلايا من الأجنة عند مرحلة التوتية أو الجنين ذى الاثنتين وثلاثين خلية. وكما يتوقع المرء من خلال تاريخ الاستنساخ المتقلب، كلما كانت الخلايا الواهبة أكثر تمايزا، كلما أصبحت فعالية النقل النووى أقل. لذا عندما تعلق الأمر باستنساخ حيوان بالغ، تنامى تسعة عجول فقط من ١٣٣ كيس جذعة، وهى نسبة فعالية تقدر بما يقل عن سبعة بالمائة فقط. لقد أنتجت العديد والعديد من الأجنة، لكنها فشلت فى التنامى إلى مرحلة كيس الجذعة.

فى عمل مشابه، اكتشف دافيد ويلز وجورن أوباك من آجريسيرش (البحوث الزراعية) فى نيوزيلاندا أنه من بين ٩٨٨ جنينا مستنسخا من خلايا جسدية نُقِلَت إلى أبقار مستقبلة ما بين عامى ١٩٩٧ و ٢٠٠٣، ولد ١٣٣ عجلا عند اكتمال الحمل، ممثلة معدل بقاء يقدر بـ ١٣ بالمائة. ٨٩ منها فقط عاشت حتى الفطام عند سن ثلاثة شهور، مما يقلل معدل البقاء الكلى إلى ٩ بالمائة. هذا يعنى أن معدل نجاح الحيوانات المستنسخة ما زال أقل من معدلات نجاح أجنة التلقيح خارج الرحم فى الأبقار حيث تتنامى حوالى ٣٠ بالمائة من الأجنة المنقولة حتى تصبح عجولا سليمة عند الفطام.

هناك إحصائية غير سارة تتعلق بتدنى فعالية الاستنساخ البقرى يجب أن يضعها أى مستنسِخ بشرى ناشئ فى الحسبان، وهى أنه فى معظم تجارب الاستنساخ، فإن أقل من نصف الأجنة تعيش لأسبوع واحد فقط، حينئذ يجب أن تكون قد وصلت إلى مرحلة كيس الجذعة. على النقيض، تصل كل البويضات الملقّحة بعد التزاوج الطبيعى تقريبا لهذه المرحلة من التنامى. إن عملية الحمل بمستنسخ قد تفشل فى أى وقت أثناء فترة الحمل، بينما يميل الحمل بجنين ملقح خارج الرحم إلى الفشل مبكرا، إذا لم يفشل منذ البداية: فى التلقيح خارج الرحم تحدث كل حالات فقد

الأجنة تقريبا بحلول اليوم الخامس والثلاثين والذى يعد مبكرا بالنسبة لفترة حمل الأبقار التى تقدر بـ ٢٨٠ يوما.

ولأن الأجنة المنتجة بواسطة النقل النووى تستمر فى الموت خلال فترة الحمل، فإنه لن يكون من غير الشائع بالنسبة لأكثر من ١٠ بالمائة من الأجنة المستنسخة والتى تنامت بنجاح فى الثلث الأول من الحمل أن تموت قبل نهاية الحمل (ومرتان أكثر بالنسبة للاستنساخ مع الخلايا البالغة) هذا صحيح بالنسبة لكل الأنواع الحية التى تمت دراستها، بغض النظر عن المختبر، اختيار الخلية الواهبة، طريقة النقل النووى أو أى شىء آخر يمكنك التفكير فيه. إن ضريبة الإجهاض غالية. بشكل إجمالى، إن نسبة الأجنة المولودة كالأبقار فى دراستين فى فرنسا ونيوزيلاندا كانت متقاربة إلى حد ما عند ٧، ١٣ بالمائة على الترتيب.

من الاختلالات شائعة الظهور أثناء الحمل بمستنسخ الجنين أو المشيمة مفرطة الوزن، وتراكم السوائل بداخل المشيمة (خاصة فى الغشاء اللقانقى، وهو غشاء يشبه الكيس والذى ينمو إلى الحبل السرى وجزء من المشيمة)، والمحاولات غير المكتملة من قبل الأم لتلد جنينها، وانعدام مقدرة الحيوان حديث الولادة على البدء فى التنفس (تكون غير قادرة على دفع الدماء خلال الأوعية الدموية التى تكون أكبر من الحجم الطبيعى بعدة مرات). من الاختلالات الأقل شيوعا فشل تطور الجهاز المناعى، وتنامى الأعضاء بشكل غير طبيعى كالكبد والكلى والمخ. أنا على ثقة من وجود أشياء مرعبة أخرى أكثر من هذا، لأن المختبرات - وهذا غير مثير للدهشة - كانت تُحجِم عن وصف كل الاختلالات التى واجهتها.

إن مشاكل الاستنساخ تستمر بعد الولادة: إن قابلية الحيوانات المستنسخة للحياة هى أقل من تلك الخاصة بالحيوانات التى تم الحمل بها وولادتها طبيعيا بشكل ذى دلالة. لقد اكتشفنا من خلال دراساتنا الأولى فى روسلين أن أربعة من بين كل عشرة حملان مستنسخة ماتت خلال الأسابيع القليلة الأولى بعد ولادتها - نسبة أعلى بكثير من تلك الخاصة بالذى تم فقده من القطعان التجارية فى شمال اسكوتلاندا- فى

الحقيقة، لقد تعرضت الحيوانات المستنسخة لأسوأ، مما أكدت عليه تلك النماذج غير المشجّعة، إذ أنها تخضع لرعاية بيطرية على مدار الأربع والعشرين ساعة على عكس نظرائها من الحيوانات فى أى مزرعة اسكتلندية عادية. وبالرغم من أننا تعلمنا كيف نعتنى عناية خاصة بهذه الحيوانات الاستثنائية، يظل عدد ما يموت منها بعد الولادة مباشرة أكبر بكثير من الطبيعى بصورة دالة. فى عمل أوباك وزملائه المشار إليه بالفعل، عاش ٨٩ فقط من بين الـ ١٣٣ عجلا التى تمت دراستها عند وقت إعلان النتائج والتى نمت حتى الفطام عند عمر ثلاثة أشهر. هذه النسبة - ٦٧ بالمائة - هى أدنى بكثير من المتوقع بالنسبة لحيوانات تراقب بشكل مكثف مثل الحيوانات المستنسخة. وبصورة تنذر بالخطر، وجدت مجموعة نيوزيلاندا أن معدل النفوق السنوى فى الماشية المستنسخة التى يبلغ عمرها أربع سنوات هو ٨ بالمائة على الأقل. ويعد هذا تناقضا صارخا مع معدل البقاء طويل الأمد بالنسبة لذرية الحيوانات المستنسخة والتى لا تحدث فيها وفيات بعد الفطام إلى حد بعيد.

وبسبب مواطن الضعف التقنية التى تنطوى عليها العديد من تجارب الاستنساخ، يصعب علينا قياس كل آثارها التى تختلف باختلاف الأنواع الحية. غالبا ما كان من المتعذر عمليا إيجاد مجموعة "مثالية" من الحيوانات لمقارنة الحيوانات المستنسخة معها، مما يجعل عملية تقييم آثار النقل النووى بطريقة نظامية صعبة. تمثلت مشكلة أخرى فى الآتى: لتعزيز فرص النجاح، تحمل الأمهات البديلة بعدد من الأجنة المستنسخة، يزيد على ذلك الناتج من جراء تزاوج طبيعى، وهذا قد يخفض من حدوث الشذوذ فى معدلات بقائها لو أن العديد منها بدأ فى التنامى. (سجل فريق رينار فى INRA أن جنينا مستنسخا مفردا لديه فرصة للبقاء تقدر بـ ٧ فى المائة مقارنة بنسبة ١٠ فى المائة التى تنتج عندما تُنقل عدة أجنة إلى أرحام الأمهات. إن ازدراع أجنة أكثر لا ينتج زيادة مكافئة فى عدد المستنسخات إذن، لأن موت مستنسخ واحد فى الرحم يمكن أن يؤثر على نمو - وبقاء - إخوته وأخواته.) غالبا ما يفضل العلماء أيضا المضى قدما ومحاولة تجريب شىء آخر مختلف، بدلا من الوقوف "محلك سر"

على مواضع الفشل، وأسباب حدوثها. في حين أن ذلك مفهوم، يؤكد هذا على الجهود التي بذلت للكشف عن الأخطاء التي ارتكبت وأسبابها. هناك في النهاية احتمالية لأن يسبب الاستنساخ اختلالات لم تُر من قبل، وبالتالي يمكن أن تعاين من قبل المختصين بعلم الأمراض الذين يبحثون فقط عما يتوقعون رؤيته.

وهكذا يبدو أن هناك اختلافات حقيقية بين الأنواع الحية فيما يخص النمط الدقيق من الاختلالات، وربما بين الاجراءات المختلفة، وأنواع الخلايا الواهبة. لكن الخط الأساسي - الاستنساخ لا يسير على ما يرام - هو نفسه بغض النظر عن المختبر، تقنية الاستنساخ، النوع الحي، أو اختيار الخلية الواهبة. في الحقيقة يبدو النمط الكلي من المشاكل متنوعا جدا إلى درجة أن الكثير منا يتساءل حول ما إذا كان ثمة أي مستنسخ طبيعي على الإطلاق (ما عدا في الفئران التي تبدو مستنسخات طبيعية). حتى في الحيوانات المستنسخة التي تبدو ظاهريا جيدة الصحة، فإن وظيفة بعض الجينات تقع خارج نطاق المعدل المقبول لو أن الحيوانات أنتجت من خلال تناسل طبيعي. عندما تخفق ميكانيزمات التخلق المتعاقب التي تنظم وظيفة الجين، فإن البروتينات التي يشفر لها تنتج إما بقدر أعلى أو أدنى من الحد المفترض لها. ربما يكون مدى أوسع من أنماط الوظيفة الجينية أكثر انسجاما مع الحياة الطبيعية عما تصورناه سابقا. ومع ذلك، هناك عواقب بعيدة المدى لم تفهم بعد، عواقب يمكن أن تنشأ فقط عندما تؤثر على شيء معقد كدماغ الإنسان.

أثناء اللقاءات الروتينية بين العلماء في المؤتمرات الدولية، تظهر مشكلات الاستنساخ الخفية الأخرى. نحن ندين بأول وصف لعملية فشل الجهاز المناعي في العجول المستنسخة لدراسات رينار المفصلة في INRA، والذي سجل موت عجل مستنسخ من خلية مأخوذة من أذن عجل كان هو نفسه مستنسخا من جنين ما. لقد نما العجل بصورة طبيعية في الستة أسابيع الأولى، ولكن عندئذ أصيب بفقر دم شديد: بعد الولادة يتناقص عدد كرات الدم البيضاء في الحيوان بشكل فجائي بينما ينبغي أن تتزايد أعدادها. لقد وجدوا ضمورا في الأعضاء في الجهاز اللمفاوي،

والغذة الصعترية، الطحال والعقد اللمفاوية. كانت هذه الاكتشافات ممكنة فقط، لأن رينار وزملاءه كانوا قد جمعوا العينات من عجولهم كلها، وبمجرد أن يصبح الحيوان مريضا، كانوا قادرين على الرجوع وإجراء التحليلات التفصيلية - غالبا لم تظهر المجموعات الأخرى هذه المثابرة.

يمكن أن تترك الحيوانات المستنسخة فى لهاث لالتقاط أنفاسها بعد الولادة، كما حدث فى حالة حمل واحد مستنسخ ومعدل جينيا ولد فى روسلين. كان أول حمل من نوعه الذى يحتوى على قطعة محددة من الجين المرتبط بالدماغ الحموى الاسفنجى فى الأغنام، والأبقار المعروف بـ PrP، أزيلت، ولكنه ما من سبب يدعو للاعتقاد بأن هذه المنابلة الجينية أسهمت فيما آل إليه مصيره (الأبقار المقاومة لهذا المرض فى الأبقار تستنسخ الآن فى الشرق الأقصى). عند ولادته كان حيوانا قويا بخير حال، وبشهية جيدة، وضروع ملؤها الطاقة. لقد أزيل من أمه لمنع إى انتشار للإصابة، وكان يطعم بيدى عضو من فريق وحدة الحيوان الكبرى الذى أصبح مرتبطا به بسرعة. مع ذلك كان يلهث طول الوقت حتى عندما لم يكن يجهد نفسه.

لم تستطع أى من العلاجات التى أوصى بها الأطباء البيطريون أو أطباء الأطفال إيقاف فرط التهوئة الذى يعانى منه. لقد قررنا أنه كان من الأكثر شفقة بحاله أن ننهى حياته بدلا من تركه ليعانى أكثر. لقد كشفت الدراسات المفصلة التى قامت بها سوزان ريند المتخصصة فى علم الأنسجة بمدرسة الطب البيطرى فى جامعة إدنبره والتى فحصت دوللى أن هناك خللا فى كمية الدم التى تزود الرئتين فى الحيوان: لقد كان هناك سماكة كثيفة فى العضلات التى تحيط بالأوعية الدموية الصغيرة القريبة من الشعيبات الهوائية، والممرات الهوائية الصغيرة فى الرئتين. إن تدفق الدم المحدود عند هذه النقطة جعل الحمل يلهث فى نهاية الأمر لكى يلتقط الكافى من الأكسيجين ويخرج ثانى أكسيد الكربون.

ثمة مشكلة شائعة أخرى فى حالة النقل النووى وهى الوليد الكبير والثقيل بصورة غير طبيعية - "متلازمة الذرية الضخمة". يصبح هذا واضحا أثناء الحمل:

تستغرق فترة الحمل مدة أطول، بالإضافة إلى بداية بطيئة لعملية الوضع، وولادة صعبة. غالبا ما تفشل الذرية الضخمة فى التنفس بعد الولادة؛ هناك وبصورة أقل تكرارية فى اختلالات فى بعض الأعضاء مثل الكلى والدماغ. لقد لوحظت هذه المتلازمة من قبل عندما نُمِّى جنين فى ظروف لا ترقى إلى المستوى المثالى، وهو الآن مرتبط أيضا، إلى حد ما، بأى طريقة استخدمت لحمل ونقل الأجنة إلى الأمهات البديلة. يبدو أنه كلما زادت الإجراءات التى تُطبَّق على الجنين، زاد الضرر المتسبب عنها: حتى حمل الأجنة يسبب اختلالات ما. إن تنمية الخلايا فى مستنبت مُغَذًّى بالمصل يزيد من حجمها بطريقة ملحوظة. (تتضمّن الوصفات المقدمة للجنين المبكر المصل لأنه كان من المتوقع أن يكون مفيدا له. نحن نعلم الآن أنه فى الوقت الذى يكون فيه للمصل بعض الآثار الجيدة، فإنه يسبب فى الواقع ضررا أكثر من نفعه.)

حتى بالرغم من أن أجنة كل نوع حى تتأثر إلى حد مختلف، نحن ندرك بالفعل المتلازمة البشرية بيكوث ويدمان Beckwith Wiedemann حيث يزيد الحجم. لأن عملية التلقيح خارج الجسم تبدو (العدد أقل من أن يجعلنا على يقين) وكأنها تزيد من معدلات حدوث هذه المتلازمة، والواضح أن تكنولوجيات التناسل تعوّق الميكانيزمات المضبوطة بدقة التى تنظّم الكيفية التى تُنفّذ بها التعليمات الجينية. ومع ذلك، تحدث الاختلالات مرارا وتكرارا وإلى أقصى مدى فى الذرية المنتَجة بواسطة النقل النووى: ينزل الاستنساخ فوضى أكثر بهذه الميكانيزمات عما يمكن أن يفعله بغيرها من الميكانيزمات. كانت ثمة ادعاءات بأنه سيمكنك ذات يوم أن تتعرف على المستنسخين على الشاطىء من سراتهم الكبيرة، الأثر الباقى من جراء ولادتهم كبار الحجم بأحبال سُرِّية كبيرة. هذا بالطبع لو تمكنوا من الحياة كل هذا الوقت.

المستنسخات قصيرة العمر

لقد منحتنا الفئران أيضا معلومات موثوقة وهامة بخصوص كل تلك التساؤلات الهامة حول المدى العمرى الذى نتوقعه لحياة المستنسخ. هذا لأنه من الممكن أن نستنسخ منهم أعدادا كبيرة للمقارنة والمقابلة بين السلالات المختلفة، واستغلال كل

الدراسات المتاحة ذات الصلة بهم، مثل تلك التى تتعلق بالخلايا الجذعية الجنينية فى الفئران. التجارب على الفئران قابلة للتحكم فيها بشكل استثنائى لأن الفئران، وأجنة الفئران المستنسخة التى تستخدم، متماسكة جينيا بطريقة يستحيل تحقيقها فى الأنواع الحية الأخرى.

من الممكن بالنسبة للفئران فقط أن نصف بالتفصيل تأثير كون الحيوان مستنسخا على فترة حياته على الأرض كاملة. ولأن طرق الاستنساخ تعد حديثة للغاية، فإنه لا يوجد عدد كاف من الحيوانات المستنسخة من الأنواع الحية الأخرى أتيح له الفرصة ليحيا حياته الطبيعية. يبدو أن الفئران أكثر مقاومة لمتلازمة الذرية الضخمة، ولكنها مثل الحيوانات الأخرى لها حصتها العادلة من المشكلات الأخرى. كما يمكن للمرء أن يتوقّع، لا تعيش الفئران المستنسخة أعمارا بطول تلك التى تعيشها نظراؤها الطبيعيون، وبالرغم من ذلك توجد بعض الأمثلة المعروفة بتميّزها بأعضاء سليمة، وخصوبة طبيعية، ومدى عمرى طبيعى.

لشرح هذه النتيجة، ركّز البعض على آثار الاستنساخ على "المُؤَقِّت" الخلوى المسمى بالتيلومير، والذى يتألّف من حبل من الـ د.ن.أ متصل بنهايات الكروموسومات كلها تماما، مثل قطعة البلاستيك الموجودة فى نهاية رباط حذاء. يصبح التيلومير أقصر مع كل مرة تنقسم فيها الخلية. فى نهاية الأمر تنتهى التيلوميرات، وتتوقف الخلايا التى فى أجسادنا عن الانقسام. تعرف ظاهرة الشيخوخة الخلوية هذه بحد هايفليك، بعدما اكتشفها ليونارد هايفليك من جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو. لقد وجدنا هذا فى حالة دوللى، بالرغم من أننا نستطيع إعادة الزمن بمعنى من المعانى، محوّلين خلية بالغة إلى خلية جنينية، ما حدث لم يضبط ساعة الشيخوخة الخلوية من البداية، وكانت تيلوميرات دوللى أقصر (أكبر عمرًا) بمقدار ٤٠ فى المائة من مثيلاتها الموجودة فى نعجة نموذجية فى مثل عمرها. لكن الأمر لا يكون على هذا المنوال دوما، حتى بالنسبة للنعاج الأخرى، وتساءلنا حول الأمر على اعتبار أننا أجرينا قياساتنا على الخلايا المناعية لدوللى، فهى كانت تعانى من التهاب اقتطع من تيلوميراتها.

بينت التجارب الأخيرة أن دوللى كانت استثناء، وأن التيلوميرات تعاد كما هى فى معظم الحيوانات المستنسخة، وبالتالى يعد الاستنساخ "مجددا للشباب" من هذا المنظور القاصر. وصفت الشركة الأمريكية لتكنولوجيا الخلية المتقدمة ACT عملية استنساخ لستة عجول من خلايا ليفية فى نهاية مداها العمرى بعد ١٩٠٠ محاولة. مشاكل الاستنساخ المعتادة كانت موجودة – أفراد يولدون ضخاما بشكل غير طبيعى، ويعانون من صعوبات فى التنفّس، وارتفاع فى ضغط الدم. بدا الآخرون طبيعيين عند عمر شهرين. بدت تيلوميرات هذه الحيوانات كلها مثل تلك الموجودة فى العجول حديثة الولادة، كما أعلنت شركة ACT فى ٢٠٠١ فى دورية العلم، على الرغم من أن تلك العجول قد استنسخت من خلايا هرمة كانت تيلوميراتها قد تعرّضت للبِلَى بفعل الشيخوخة.

ولكن يُعد من قبيل التبسيط الشديد للأمور أن نركز على التيلوميرات وحدها حين يتعلق الأمر بالشيخوخة فقد قام فريق أمريكى يقوده تيروهيكو واكاياما باستنساخ ستة أجيال متتابعة من الفئران، واكتشف أن طول التيلوميرات يزداد بقدر طفيف كل مرة. لكنها عاشت فترة حياة مماثلة من حيث مداها العمرى لما عاشته الفئران المستنسخة الأخرى، مما يوضح أن الارتباط بين التيلوميرات والشيخوخة واضح المعالم فى المطلق. وعلى الأرجح ارتبطت الوفاة المبكرة بعدد من المشكلات الصحية المختلفة مثل داء ذات الرئة الشديد، وتنكرز الكبد[1]، والسرطان.

فى دراسة أخرى، أصبحت الفئران مفرطة السمنة فى سن بلوغها. إذا تم القياس باستقراء هذه الدراسة على البشر، فإن الطفل البشرى المستنسخ سيكون معرضا لخطر الإصابة بالسمنة المفرطة فى منتصف العمر. بصورة تهمنا، كانت ذرية هذه الفئران السمينة طبيعية كلها. وبالتالى يبدو أن المشكلة لا تتمثل فى جيناتها، وإنما فى الطريقة التى كانت تستخدم بها هذه الجينات فى الجسم: على العكس من

---

(١) التَّنَكُّرُز: موت موضعى يحلّ بالنسيج الحىّ (المترجمة).

الآثار الجينية التى تورّث بواسطة الذرية من خلال عبور الجينات، فإن الاختلافات فى الميكانيزمات فوق الوراثية التى تنظم وظيفة الجينات لا تُمَرَّر إلى الجيل التالى.

الميكانيزمات فوق الوراثية (الأيبيجينية)

يبدو أن الاستنساخ يغير من الكيفية التى يتم بها تشغيل الجينات، وهو ما يركز عليه علم (الايبيجينية) – دراسة التغيرات فى الطرق التى تستخدم بها الجينات فى الجسم والتى تحدث دون أن تتغير الجينات نفسها. فكر فيها بهذه الطريقة – إن الجينات التى ترثها هى كلها النوتات الموسيقية البروتينية الممكنة التى يمكن عزفها بواسطة الآلات الموسيقية (الخلايا) فى الجسم. لكن كل خلية لها ذخيرتها المختلفة التى تعتمد على ما إذا كانت خلية عين أو خلية دماغ مثلا. ليست كل الجينات الموجودة تعمل فى خلية بعينها فى أى وقت بعينه.

لقد أوضح البحث العلمى فى العقود القليلة الماضية أن الأمراض المعقدة الشائعة مثل السرطان، السكرى، وأمراض القلب تنشأ من مجموعة من التغييرات فى الجينات. هذه التدرج الإضافى فى التعقيد ينعكس فى المدى الواسع من الشدة التى يظهر بها المرض، عمر المريض عندما يصاب به فى البداية، الاستجابة الجيدة للعلاج، معدل الاستفحال، والعوامل الأخرى التى تؤثر على التنوّع الذى تظهر به الأمراض. تلعب الإيبيجينية دوراً فى السرطان، فعلى سبيل المثال، قبل دوللى النعجة كان يعتقد أيضا بأن هذه الميكانيزمات نفسر سبب عدم إنجازعملية استنساخ لثدييات بالغة على الإطلاق: اللحن البسيط الذى تعزفه الخلية البالغة لا يمكن أن يرد إلى سيمفونية الاحتمالات التكوينية التى تستخدم خلية جنينية. أوضح عمل قام به رادولف جانيش فى معهد وايتهيد للبحث الطبى البيولوجى وآخرون أن حدوثًا لكيفية استخدام الجينات فى الجسم هو المسئول عن الوفيات والتشوهات التى يتسبب فيها النقل النووى، وغيره من تقنيات الاستنساخ.

هناك طريقتان تعمل بهما ميكانيزمات الإيبيجينية: الأولى تسمى الدمغ أو البصم – هو التأكد من أنه من بين نسختى كل جين فى الجنين المتنامى ستستخدم نسخة الأب أو الأم فقط – تحدد أنماط الدمغ أثناء ما يسمى بعملية تكوّن الأمشاج أو الجاميتات أى نمو البويضات أو الحيوانات المنوية، وهى العملية التى تحدث قبل التلقيح بوقت طويل. يعتقد أن عملية الدمغ تحكم استخدام خمسة وسبعين جينا على الأقل، – ربما مائة – وربما العديد من الجينات التى يصل عددها إلى الألف. سيصبح المستنسخ سليمًا فقط فى حال إذا ما كانت عملية الدمغ مضبوطة.

العديد من هذه الجينات المدموغة ترتبط بعملية تنظيم حجم الجنين، كما ناقشنا فى موضع سابق فى حالة كاجويا الغريبة، الفأر ذو الأمَّيْن. لقد كان من المعتقد أن النقل النووى لا يمس أو يغير فى عمليات الدمغ على اعتبار أنها تحدث فى المبايض والمخاصى. لكننا فى روسلين ومجموعات أخرى عديدة ضمنًا، بناء على استمرارية حدوث متلازمة الذرية الضخامة، أن الاستنساخ يجب أن يتداخل مع عمليات الدمغ، وبالتالى فإن العملية التى تميّز بين الجينات الأمومية والأبوية يجب أن تتعرض للإعاقة بطريقة ما بعد التلقيح. الدراسات التالية على النعاج المستنسخة والتى قامت بها لورين يانج (الآن فى جامعة نوتنجهام) ومعاونوها وضحت أن جينا واحدا تأثر بالنقل النووى يأتى من الأم – مثبّط للنمو يسمى IGF2R مشيرةً إلى كيفية صنع الجين لمستقبِل بروتينى يزيل إشارة النمو الأبوية المسماة IGF2 من الدورة الدموية. وكنتيجة لهذا، كلما قل IGF2R، كلما زاد IGF2، ونمت الذرية بصورة أكبر.

حديثا، قام علماء من الولايات المتحدة، والسويد واليابان بتضمين الميكانيزم نفسه فى نمو الورم ،حيث تقوم "إيبيجينية" مختلة وظيفيا بتشغيل نسخة من جين الـ IGF2الذى ينبغى أن يظل معطلا. إن وجود ضعف الجرعة من بروتين IGF2 كما يحدث بنسبة واحد لكل عشرة أشخاص، كاف لتغيير التوازن الطبيعى للخلايا بداخل غشاء القولون، وبالتالى مضاعفة قابليته للتعرض لخطر طفرة جينية مسببة للسرطان ستستحث حدوث ورم فى هذه المنطقة.

الطريقة الثانية من الإيبيجينية: المتعاقب، تستخدم نفس الميكانيزمات الجزيئية للدمغ، مانحة كل خلية فى الجسم هويتها. وهذا يضمن أنه بالرغم من أن كل خلية فى الجسم تدرك طرائق عمل مخزونها الجينى كاملا، فإن النغمات الجينية ذات الصلة هى ما يُعزف فقط: تلك المطلوبة لعمل خلية بشرة، خلية دماغ، أو أيا كان. هذه "الذاكرة الجزيئية" والتى تمكن خلية ما من تذكّر أى جزء من الشفرة الجينية عليها استخدامه للحفاظ على هويتها ، وهذا أمر يحدث فى المخلوقات كلها. وهذا أيضا ما يفسر لماذا تظل خلية الدماغ خلية دماغ ولا تتحول إلى خلية كبدية، حتى لو كان مجموع كل ما بهما من الجينات متماثلا. لأن الخلية الثديية المأخوذة من "والدة" دوللى استخدمت فقط الأجزاء ذات الصلة من الشفرة الجينية لصنع خلية ثديية، لقد اعتقد أن هذا سيبطل تنامى كل أنواع الخلايا الأخرى اللازمة للمستنسَخ. من الواضح أن هذه الذاكرة قد أزيلت بواسطة تقنية الاستنساخ المستخدم لاستيلاد دوللى. لكن الاستنساخ بالطبع عمل ينطوى على المخاطر وانعدام الكفاءة. والسبب هو أن نمط النشاط الجينى الخاضع لسيطرة ميكانيزمات الإيبيجينية لا يُمحى بشكل قابل للتكرار بواسطة الاستنساخ، ربما لا تستطيع تجريد "الذاكرة الجزيئية" تماما من كونها مثلا خلية بشرة للحصول على خلية جنينية ، مع إمكانية أن تتنامى إلى أىٍّ من المائتى نوع أو أكثر من الخلايا. لو كان هذا معيبا، فإن بعض الجينات ستستخدم بطريقة غير ملائمة والأخرى لن تستخدم على الإطلاق.

هناك آلية كيميائية تسمى التشبيع بمجموعات الميثيل، وهى واحدة من عمليات التحوير الجينى التى تستخدم فى علم التخلق المتعاقب – ينبغى إضافة مجموعات الميثيل إلى الجين لإبطال عمله – لم تعد الخلية تعزف تلك "النغمة". إن النمو الطبيعى للجنين يعتمد لأجل ذلك الغرض على حالة التشبيع بالميثيل التى يكون عليها الـ .د.ن.أ والتى تشارك فيها البويضة والحيوان المنوى، وعلى الدمغ الأبوى، والتغيرات فى تشبيع الـ .د.ن.أ بالميثيل الذى يساعد فى إخبارالخلية الجذعية الجنينية بأن تتحول

إلى خلية بشرة أو أية خلية أخرى. لنكن على ثقة بأن مهام الخلايا، أكثر تعقيدا من هذا بكثير. يرجح بعض العلماء أن شفرة ثانية يتم ضمها للشفرة الجينية لل ـ د.ن.أ تسمى شفرة الهيستون، وقد سميت باسم بروتينات تسمى الهيستونات، وتقوم بالتحكم فى كيفية تأويل الجسم للجينات. ربما يلقى فهم ما تنطوى عليها هذه الشفرة الغامضة من فوارق دقيقة جيدا، بالإضافة إلى الدمغ، هناك ضوء كاشف على الأخطاء التى تحدث أثناء الاستنساخ.

تعتمد شفرة الهيستون على كيفية صرّ وحزم ٢,٣ متر من الـ د.ن.أ أو أكثر بداخل الكروموسومات فى كل خلية، والأهم من هذا كيفية فك هذه الحزمة. هنا تبدو الفكرة الشائعة عن الكروموسومات مشوشة ومضللة. إن الشكل الشبيه بحرف X والمستخدم لوصف الكروموسومات فى روايات عديدة يوضح فى الواقع حالة الكروموسومات أثناء عملية انقسام الخلية عندما تنسخ نفسها. خلال المدد المتبقية ستبدو الكروموسومات شبيهة أكثر بقطعة من النقانق تضيق عند المنتصف. لكن من الأفضل أن ننسى الكروموسومات إجمالا على اعتبار أننا مهتمون أكثر بما يحدث عندما تقرأ الخلية الألحان الجينية الموجودة فى لفات جزىء الـ د.ن.أ المفرد المحزّم بداخل الكروموسوم. إذا كان باستطاعتك رؤية الكروموسومات، إذن فإن الخلية فى سبيلها إلى الانقسام، والـ د.ن.أ الملتف بداخلها لا يؤدى أكثر من مجرد المساهمة فى هذه العملية. عندما تنحل الكروموسومات كى تترك خلطة فوضوية من الـ د.ن.أ تشبه الاسباجيتى[1]، فى نواة الخلية، عندها فقط يبدأ العمل الجاد المتمثل فى البدء فى عزف اللحن الجينى.

يتم التحكم فى عمليات حزم وحلّ الـ د.ن.أ بواسطة البروتينات. فى الواقع، تتألف الكروموسومات من توليفة من لولب الـ د.ن.أ المزدوج والبروتين واللذين

(١) يقصد أن الـ د.ن.أ يصبح على هيئة شرائط طويلة رفيعة متشابكة مثل مكرونة الإسباجيتى (المترجمة).

يسميان معا بالكروماتين. فى أحد الصيغ، يلقّب بالكروماتين المتباين، حيث الجينات كلها معبئة وفى حالة من عدم الاستخدام. هذه هى المادة الخام التى تتألف منها المناطق المرئية من الكروموسومات. فى الصيغة الأخرى المسماة بالكروماتين الحقيقى، ينطلق الـ .د.ن.أ بسرعة بداخل النواة وبالتالى يمكن للجينات أن تجهز لوضعية الاستخدام – تُعْزَف، من قبيل الاستمرار فى الاستعارة الموسيقية – لصنع البروتينات التى تبنى وتشغّل الخلية. إن نظرة بعين قائد الفرقة الموسيقية للخلية يمكنها أن تكشف عن وجود نظام وراء التشوّش الظاهر الذى تبدو عليه فوضياك .د.ن.أ قد يتوقع المرء بأنه عندما تفك الكروموسومات بحيث يمكن استخدام جيناتها، ستمتلىء نواة الخلية بكتلة متشابكة من الـ .د.ن.أ الخاص بالكروموسومات كلها (ستة وأربعين فى البشر). بدلا من ذلك يكتشف المرء بأن الكروموسومات دائما ما توجد فى نفس المناطق فى النواة، حتى بعد عملية تكوّمها على هيئة إسباجيتى. تدرس جين شوك من جامعة كلية لندن موضع الجينات التى تشفّر الأجسام المضادة فى نوع محدد من خلايا الدم البيضاء (تسمى الخلايا B) بواسطة مجسّات للـ .د.ن.أ قادرة على الارتباط بها. وعن طريق تحديد موضع هذه الجينات فى الخلايا المفردة، استطاعت جين رؤية أنه فى خلية ما ، حيث يتم استخدام جين ما، يوجد الـ .د.ن.أ الذى تقوم بوصفه فى مكان ما فى منتصف النواة. عندما يكون الجين معطلا عن العمل، يبعد بعيدا إلى الحد الخارجى للنواة.

تعد الهيستونات ضمن تنويعة من البروتينات التى تتحكم فى الكيفية التى تتم بها قراءة رسالة الـ .د.ن.أ، وربما تكون الأكثر أهمية. بالتأكيد هى النوع الذى يُفْهَم بشكل أفضل. تخيل عقدا رخيصا من اللؤلؤ، حيث تمثل كل لؤلؤة مكبّا يلتف الـ .د.ن.أحوله والـ .د.ن.أ هو الجزء المرن. يلتف الـ .د.ن.أ مرتين ونصف المرة حول كرة مكونة من ثمانى هيستونات ليكوّن حبة "لؤلؤ" تسمى النيوكليوسوم. تقرأ الخلية رسالة الـ .د.ن.أ فى الواقع بطريقة التلمُّس؛ حيث تحاول العثور على طريقها بين حبات الهيستونات اللؤلؤية إلى القطع المرنة. تُحْزَم النيوكليوسومات بشدة معا فى الكروموسوم مثل قلادة تم ليّها وبالتالى يسهل وضعها فى صندوق.

للتحكم في عملية الحزم والفكّ، ومن ثمَّ التحكم في الطريقة التي تُستخدم بها الجينات، يُدَلَّى ذيل الهيستون الموجود في كل نيوكليوسوم إلى الحساء النووي مثل تكّة أو قفل القلادة. يتحكّم التعديل الكيميائي لهذا الذيل بالكيفية التي تستخدم بها الجينات: التغيرات يمكنها أن تفصل حبات اللؤلؤ لتعرّي جدائل الـ .د.ن.أ الموجودة بينها، أو تحركها حول الـ .د.ن.أ، أو تحزمها معا، وبالتالي تكون في مأمن حيث تعطل عن العمل. إذا حدثت عملية تسمى تشبيع الهيستونات بالاسيتيل، فإن الجينات تنصرف إلى البدء في العمل: تتحرك النيوكليوسومات مبتعدة لتسمح لـ .د.ن.أبالتفكك وبالتالي يمكن لبعض البروتينات المعينة في حساء الجزيئات السابحة في النواة أن تذهب للعمل على الجينات التي تربط النيوكليوسومات المفككة وتنفِّذ تعليماتها. تشبيع الهيستون بالميثيلات (وليس تشبيع الـ .د.ن.أ بالميثيلات) يعمل بطريقتين: يمكنه أن يشغِّل الجينات أو يبطلها معتمدا على مكان تموضع علامة تشبيع الميثيل.

إن شفرة الهيستون جوهرية بالنسبة للتنامي. قم بالمقارنة بين خلية جسمية وخلية جرثومية مثل الحيوان المنوي، وسوف تجد أن تركيب الكروماتين فيهما مختلف تماما. في الساعات القلائل التالية لتنشيط الجنين المعاد برمجته، تحدث تغيّرات هامة في الكروماتين. هيستون واحد على الأقل له الصيغة التي تظهر في الجنين فقط. كل هذا يرجّح، كما يتوقّع المرء، أن تحويل بويضة كروية ملقّحة إلى جنين يتطلّب الكثير من التغيير في تنظيم الجين. الدراسات المتعلّقة بالفئران المستنسخة توضّح أن التغييرات في الكروماتين، وكذلك التغيرات في تشبيع الـ .د.ن.أ بالميثيل يمكن أن تُفسد بواسطة النقل النووي. وكنتيجة لعملية "إعادة الصياغة النووية" هذه، تُشَغَّل بعض الجينات عندما يجب أن تُعَطَّل، وهكذا. يموت الجنين. يفشل الجنين في النمو بشكل طبيعي. تولد الذرية مصابة باعتلالات خطيرة.

ولمنع حدوث هذه المشكلات، نحتاج لأن نعرف المزيد حول كيفية استخدام المادة الجينية خلال الأربع والعشرين ساعة الحرجة بعد تلقّيح البويضة. هذا هو محور اهتمامي الآن، وليس النقل النووي نفسه. يجب أن يكون واضحا بالفعل أن تنظيم

الجينات هو عملية بالغة الديناميية والتعقيد: سوف تستغرق وقتا طويلا لفهم ميكانيزمات الإيبيجينية تلك، ولمعرفة ما الذى يحدث بشكل طبيعى، ثم التدخّل بعد ذلك أثناء عملية الاستنساخ لإصلاح ما يخفق النقل النووى فى إنجازه. نتوقع فى الوقت الراهن الكثير جداً من البويضات فى إعادة برمجة الـ .د.ن.أ البالغ، وضرورة أن نمدَّ يد العون للطبيعة. ينبغى علينا تطويرالنقل النووى.

ما بعد دوللى

تبذل مجهودات فى سبيل شحذ النقل النووى بطرق عدة. تتضمّن طريقة دوللى معالجات يدوية بالغة الدقة لإزالة وحقن الـ .د.ن.أ تحت الميكروسكوب باستخدام جهاز يتكلّف عشرات الآلاف من الجنيهات. من بين تلك التنويعات المختلقة على هذه الثيمة والتى ظهرت منذ ذلك الحين، أفضّل بديلين يتميزان بالسرعة والسهولة، تسمى كل منهما بالطريقة الخالية من المنطقة الشفافة، وهما أقل اعتمادا على المعدات باهظة الكلفة. تم تطوير إحداهما بواسطة تايجا بيورا وزملائه من معهد جنوب أستراليا للبحث والتنامى فى ميلبورن، وتم تنقيحها بواسطة جابور فاجتا وزملائه فى الدانمارك. طورت الثانية بواسطة جوران أوياك وزملائه فى آجريسيرش الكائنة فى نيوزيلاندا، وجامعة وايكاتو.

فى الطريقة الأولى الخالية من المنطقة الشفافة، يستخدم بيورا طريقا مختصرة لنزع النواة من البويضة. فبدلا من اصطياد الكروموسومات وإزالتها على وجه التخصيص، تقطع البويضة إلى نصفين ببساطة بشفرة محمولة فى اليد (كان هذا هو الأسلوب الذى استخدمه ستين فيلادسين كما بينته فى الفصل الثالث). ثم يستخدم بعد ذلك الضوء فوق البنفسجى للتعرّف على النصف الذى يحتوى على الكروموسومات وإبعاده. ثم يوضع نصفان من البويضات المفرغة بهذه الطريقة معا مرة أخرى، مثل

هامتى دامتى[1]، وينجز النقل النووى عن طريق التحام الخلية الواهبة بالبويضة المعاد بناؤها. وبالرغم من أن الأمر يتطلب بويضتين لإنتاج كل مستنسخ، فإنه من المرجح أن يكون الجنين المعاد بناؤه أكبر قليلا فى الحجم من تلك الأجنة التى أنتجت بطريقة دوللى، مما يمكنها من امتلاك العديد من الأجهزة الخلوية فى السيتوبلازم الخاص بها التى تعتمد عليها فى نموها، مما يمنحها فرصة أفضل للتنامى جيدا. إحدى المشكلات ممكنة الحدوث فى هذه الطريقة هى أن الجنين الناتج يحتوى على د.ن.أ من الميتوكوندريا الموجودة فى بويضتين مختلفتين.

الطريقة الثانية الخالية من المنطقة الشفافة طُورت بواسطة أوباك الذى استخدم معالجات يدوية دقيقة بطريقة سهلة التعلّم ويسيرة التنفيذ للغاية، ورغم هذا فهى لا تحقق أية زيادة فى الفعالية. تستخدم البويضات لتجرد البويضة من منطقتها الشفافة. تحمل البويضة العارية بعد ذلك فى مقابل ماصة بدلا من شفطها بالماصة كما فى طريقتنا. يستخدم الضوء فوق البنفسجى للاسترشاد به أثناء نزع النواة بواسطة ماصة أخرى، والعملية بالغة السرعة بطريقة تسبب أقل التلفيات. ثم توضع الخلية الواهبة بجوار البويضة العارية فى وجود الليكتينات، وهى مركبات لزجة تقوم بلصق الاثنتين معا، وتندمجان بواسطة نبضة كهربية. فى طريقة دوللى، يجب أن تصطف البويضة والخلية الواهبة بالضبط باليد بين قطبين كهربيين ليحدث الالتحام. هذا الاصطفاف جوهرى إذا ما أريد إندماج الخليتين بكفاءة. ومن المدهش أنه فى هذه الطريقة يقوم المجال الكهربى بكل العمل الشاق، ويرتب الاثنتين فى صف جيدا - البويضة والخلية الواهبة طالما أن المنطقة الشفافة غير موجودة. تتطلب هذه التقنية - كى يتعلمها الشخص غير الخبير ليتعلم فى أسابيع قليلة، هذا مقارنة بستة أشهر فى طريقة دوللى. وبالرغم من أنها لا ترفع من كفاءة الاستنساخ، فإنها تضاعف بفعالية

---

(١) هامتى دامتى: شخصية خيالية على هيئة بيضة كبيرة تجلس على الحائط ودائما ما تدير حوارا ذكيا مع أليس الشخصية الرئيسة فى قصة الأطفال الشهيرة أليس فى بلاد العجائب (المترجمة).

المُخْرَج الكلى[1] بالنسبة للجنين المستنسخ، وإنتاج ذرية المستنسخ. بسبب كل هذه التطوّرات، سيكون بإمكاننا أن نرى ذلك اليوم الذى تقوم فيه الروبوتات والحواسب الآلية بإجراء المعالجات الميكانيكية الدقيقة المطلوبة لإنجاز عمليات الاستنساخ.

ومضة من الإلهام

ثمة شىء آخر بإمكانه أن يجعل الاستنساخ أكثر أمانا بطريقة أيسر للحصول على التنشيط، إنها اللحظة التى تنطوى على دفقات الكالسيوم الذى يستحث التنامى. عندما يحدث هذا بصورة طبيعية، يمكن للمرء أن يكتشف دفقات من التركيزات العالية من الكالسيوم كل بضعة دقائق يمكن أن تستمر لعدة ساعات. هناك العديد من الطرق المتنوعة لحثّ اندفاع تيار من الكالسيوم فى عملية الاستنساخ، على سبيل المثال عن طريق استخدام تيار كهربى أو حتى بإعطاء البويضات المعاد بناؤها حماما من الكالسيوم. لكن معظم الطرق تولِّد تيارا مفردا هائلا من الكالسيوم عالى التركيز لساعات. إن تطوير إجراءات ناجحة من أجل النقل النووى فى نوع ما من الأنواع الحية لم تُطبَّق عليه هذه الإجراءات من قبل تطلّب تكييف وتهيئة طريقة التنشيط هذه لتتواءم مع هذا النوع الحى. إنه لأمر جوهرى أن نفهم كل التفاصيل بشكل صحيح كى نحقق النجاح.

ولتحسين عملية الاستنساخ بصفة عامة، سيكون من الجيد أن نحاكى الأسلوب الطبيعى الذى ينطوى على كل من التعاظم والتدنى فى تركيزات الكالسيوم بعد التلقيح. أمضت مجموعة فى فرنسا بقيادة جون بيير أوزيل سنوات تعمل على صندوق من الإليكترونيات لخلق نفس التتابع فى نبضات الكالسيوم، والذى يحدث أثناء التلقيح

(١) كمية العمل المُنْجَز، أو عدد العمالة التى قامت به فى مدة محددة من الوقت (المترجمة).

بدقة بإعطاء البويضات طلقات من الكالسيوم فى حمام صغير. لقد بيّنوا أنه من الممكن زيادة معدل نجاح إنتاج النسائل العذرية (البارثينوت)، لكن طريقتهم لم يتم دمجها ضمن إجراءات الاستنساخ الروتينية، لأنها ما زالت فى طور البدائية معمليا، كما أنها لم تُتَح للطرح التجارى بعد.

تتمثل استراتيجية بديلة فى اكتشاف المزيد حول كيفية حدوث التنشيط بشكل طبيعى، وتعيين واستخدام بروتينات محددة فى الحيوان المنوى، والتى تعمل على أن تستحثَّ التنامى فى البويضة الملقّحة. لقد بدأ البحث فى الحيوان المنوى عن الإشارة التى تنبِّه البويضة ومعرفة ما الذى يتطلّبه فهم الكيفية التى تبدأ بها البويضة الملقّحة الحياة من جديد، بدأ هذا منذ قرنين مضيا من الزمان. اكتُشِف هذا المُنَبِّه حديثا وهو عبارة عن بروتين يسمى - PLC زيتا - بواسطة كارل سوان من كلية جامعة لندن، وتونى لاى من كلية الطب فى جامعة ويلز. هذا المفتاح الكهربى أو المحوِّل البروتينى يمكنه أن يقدّم بديلا متطوّرا لطرق التنشيط المستخدمة حاليا.

الهندسة السيتوبلازمية

ثمة طريقة بديلة لجعل التنامى - بداية من الدمغ وحتى شفرة الهيستون - يبدأ البداية الصحيحة فى النقل النووى، ألا وهى المعالجة المسبقة لـ .د.ن.أ الموجود فى النواة الواهبة بطريقة ما. هناك أسلوب عمل تم تطويره من قبل جون جردون، وهو أن نثق فى كيفية استخدام الطبيعة للأجهزة شديدة الشبه لإنجاز أشياء هامة فى خلية ما، مهما كان النوع الحى. أثناء نمو بويضة الضفدعة وفى مرحلة معينة(تمنحنا بويضات الضفادع الكثير من السيتوبلازم مقارنة ببويضات الثدييات التى تحتوى على القليل منه)، قام بالحقن فى خلية ثديية كان قد قام بثقبها مسبقا، سامحا بقيام "حوار كيميائى" مع سيتوبلازم الضفدعة. لقد تمكّن من خلال هذه التجربة التى أجراها فى السبعينيات أن يوضّح أن بعض الجينات الثديية قد عُطِّلت عن العمل، واستُخدِمت

بعض الجينات الأخرى فى البويضة. حديثا جدا، بيّن أن جينا واحدا (Oct4) والمعروف بدلالته على الخلايا الجذعية الجنينية، يقوم بالعمل. نقوم بالبحث فى كيفية تطوير أسلوب مشابه ليساعد فى إعادة برمجة الـ .د.ن.أ المستخدم فى النقل النووى بالتعاون مع الزملاء فى روسلين وجوليان بلاو من جامعة داندى.

ولإتمام هذا نستخدم التكنولوجيات المتطوّرة فى علوم الجينات لفحص نماذج لعشرات الآلاف من الجينات، للتعرف على الاختلافات التطورية بين الأجنة المعاد بناؤها وتلك المنتجة بصورة طبيعية أو بواسطة التلقيح خارج الجسم: ستكون هذه الدراسة ذات أهمية محورية بالنسبة للمجهودات المبذولة فى هذا الصدد لرؤية كيف يمكن لتقنيات التكاثر المدعم أن تجعل النغمات الجينية التى تُعزف بواسطة كل خلية توقف النشاط أو معدلة بشكل يعيق التنامى.

ثمة ملمح مثير آخر فى الأربع والعشرين ساعة الأولى من الحياة. لا يتم خلط الـ .د.ن.أ الأبوى لتشكيل فرد عند هذه المرحلة، بل الـ .د.ن.أ لا يتم استخدامه حتى (إن تفاصيل كيفية استخدام الـ .د.ن.أ والـ .ر.ن.أ فى الزيجوت تختلف من نوع حى إلى آخر)، كما هى فى الخلية الطبيعية. نحتاج لمعرفة كيف يتم تنظيم الـ .د.ن.أ فى هذا الوقت الحرج. وينبغى علينا أن نعلم المزيد عن الرسائل الجينية الأبوية التى تنطلق هنا وهناك لتتحكم فى المراحل المبكرة من النمو وتؤثر عليها. تكتب هذه الرسائل فى الـ .ر.ن.أ، الشفرة الجينية الأكثر قدما فى خلايانا جنبا إلى جنب مع الـ .د.ن.أ، وتحمل عن طريق البروتينات إلى الزيجوت (الجنين المبكر/ المشيمة)، أكثرها بواسطة البويضات، لكن الحيوان المنوى يسهم بعدد صغير. أحد الأسباب وراء عمل البويضات فى المرحلة MII من النمو، هو أنها تمتلك تعليمات الـ .د.ن.أ الصحيحة للمساعدة فى عملية توجيه تصنيع البروتين والتنامى، وربما لتنظيم الكروماتين أيضا. وبالرغم من أن وظيفتها الدقيقة غير معلومة، فإن شفرات الـ .ر.ن.أ هى التى تقود نمو الجنين المبكر، قبل أن يبدأ فى استخدام التعليمات فى شفرته الجينية - تماما كما تحتاج إلى نظام

تشغيل لتشغيل برنامج على الكمبيوتر الخاص بك - يمكن للمرء أن يفكر فيها على أنها نظام تشغيل للـ .ر.ن.أ يمكِّن البرمجيات الخاصة بالتنامى من أن تعمل فى الخلية.

أجرى ستيفن كرافيتز من مدرسة الطب فى جامعة ولاية واين فى ديترويت وزملاؤه فى بريطانيا إحدى التجارب التى ألقت الضوء على هذا الوجه الغامض، حتى اليوم للوراثة فينا. كشفت التجربة عن أن الرجال يلعبون دوراً أكثر أهمية فى الإنسال مما يعتقدون. بالرغم من الاستنساخ، وفى كاجويا، أول فأر بلا أب، وجد كرافيتز أن الحيوان المنوى يفعل أكثر من مجرد تسليم الـ .د.ن.أ الأبوى للبويضة. فى الحيوان المنوى البشرى والبويضات الملقحة، يوجد ستة من الـ .ر.ن.أ الناقل، كل منها يتطابق مع جين أبوى، وهذا الجين الأبوى غير موجود فى البويضة غير الملقحة. يرجح هذا أن الحيوان المنوى يقوم بتسليم ستة من الـ .ر.ن.أ على الأقل - وربما أكثر - للبويضة عند التلقيح. وجد كرافيتز أيضا العديد من الـ .ر.ن.أ الدقيق جدا، وهى فئة عريضة مكتشفة حديثا من الجينات المنظمة غير المشفِّرة التى ترتبط بمواقع فى الـ .ر.ن.أ الناقل المستهدف لتنظيم الكيفية التى يتم من خلالها تعطيلهم أو استخدامهم فى الزيجوت. فى البشر يقوم الحيوان المنوى أيضا بتسليم تركيب يسمى الوكتة، وهو جهاز أساسى من أجهزة الانقسام الخلوية. ربما يكون لهذه الاكتشافات تضمينات بالنسبة لنجاح الاستنساخ، حيث يُنْقَل الـ .د.ن.أ فقط. ربما بواسطة إضافة رذاذ من الـ .ر.ن.أ الأبوى أيضا، يمكن أن يعزز معدل النجاح المتدنى بالنسبة للبحث العلمى المتعلق باستنساخ الأجنة لتأمين مصدر للخلايا الجذعية لاستخدامها لأغراض علاجية.

ركزت الجهود المبذولة على بؤرة اهتمام أخرى لتحسين تكنيك روسلين فيما يتعلّق بدوللى، والذى لم ينل تقديرا كبيرا: فبالرغم من أن عملية الاستنساخ تستبدل الـ .د.ن.أ النووى للبويضة بآخر من الواهب، فإنها تترك الـ .د.ن.أ الموجود فى الميتوكوندريا من البويضة. وبالتالى فإن دوللى لديها د.ن.أ نووى من خلية ثديية من النعجة الفنلندية من سلالة الدورسيت، وميتوكوندريا من البويضة، والذى جاء من نعجة اسكتلندية من سلالة البلاك فيس. وللكلام بشكل محدد، لم تكن دوللى مستنسخا

لوجود ذلك الاختلاف فى الـ .د.ن.أ الخاص بالميتوكوندريا، لكن معظمنا سيستمر فى استخدام ذلك المصطلح المألوف عند الإشارة إليها.

اعتمدت دوللى إذن على مادة جينية من البلاك فيس - حوالى عشرين جينا فى ميتوكوندريا البويضة الواهبة - وبينما تعد كمية المعلومات فى الميتوكوندريا ضئيلة بالمقارنة بتلك الموجودة فى الكروموسومات، فإنها لا تزال أساسية بالنسبة للنمو الطبيعى. إن الاختلالات فى الميتوكوندريا والتى يمكن أن تتراكم مع الشيخوخة يمكن أن تؤدى إلى حدوث الأمراض وهذا ينطبق على المستنسخين البشريين أيضا حيث سيحدث فى معظم الحالات أن البويضة التى استخدمت أثناء النقل النووى ستأخذ من امرأة مختلفة غير تلك التى وهبت الـ .د.ن.أ - إذا كانت الأخيرة امرأة أصلا. إن التوقعات المتدنية التى لدينا حول البويضة الملقحة، سواء كانت فى المختبر أو الرحم تعكس الاختلافات المهمة بين البويضات فيما يتعلق بقدرتها على دعم النمو الطبيعى لجنين ما. هذا التنوع فى نجاح عملية النمو، يمكن أن يكون السبب فى الاختلافات فى الميتوكوندريا، وربما يعنى الفرق بين الموت أو الحياة بالنسبة للجنين. نحن نحتاج لمزيد من الفهم لما يسببها، وكيف نستطيع إصلاح هذه العوامل، إذا كنا بصدد رفع معدلات النجاح.

حماقة الاستنساخ التكاثرى

هناك بعض الناس، بالطبع، ممن يريدوننا أن نخوض فى الأمر أكثر، وننجز الاستنساخ البشرى حتى النهاية. لديهم إجابات سهلة على المعضلات العويصة التى وضحتها سابقا: اختر ببساطة الأجنة الجيدة، تلك التى لا يوجد دليل على انحراف التنظيم الجينى بها. هذا الاقتراح يعتمد بطريقة مضللة على الحقيقة التى مفادها: أنه من الممكن التعرف على هذه الأجنة التى ورثت اختلالات جينية معلومة من أحد الوالدين، بفضل تقنية التشخيص الجنينى ما قبل الازدراعى أما فى الاستنساخ، رغم فإننا لا ننظر إلى الجينات الخاطئة، وإنما إلى الأخطاء فى الطريقة التى تستخدم بها

الجينات والتى تسببها اخطاء فى شفرة الهيستون، أو عملية التشبيع بالميثيل، أو أيا كان. ولجعل الأمور أسوأ، نحن لا نفهم التفاصيل – فى الواقع – فهمنا لدقائق عملية تنظيم الجينات هزيل. إن المرء لا يستطيع أن يستنبط معيارا لمشكلة مفهومة بالكاد. إن المرء لا يستطيع ابتكار اختبار لمشكلة يفهمها بالكاد.

إن محاولة استنساخ طفل باستخدام الطرق الحالية، سيكون مقامرة مريعة. تصوّر قذف خمس عملات معدنية والحصول على خمسة رؤوس أو خمسة ذيول. هذا نتيجة غير محتملة، وإلى الآن بالنسبة لمستنسخ، لكى يعيش ويصير طبيعيا، سيكون الأمر تقريبا مثل رؤية الخمسة رؤوس. يبدو الأمر وكأنه دليل ذاتى على أن مجرد الفكير فى استخدام الإجراءات الحالية لإنتاج طفل مستنسخ، سيكون عملا لامسئولا بفداحة. إن النتائج المحتملة لأى نوع من هذه المحاولات تتضمن إجهاضات متأخرة، ولادة أطفال ميتين، وربما كان الأسوأ من بينها هو ولادة أطفال يمكنهم العيش، لكنهم سيحيون حياة قُدِّرَ لها الإيلام والعجز. أتذكر الحمل المستنسخ الذى ظلّ يلهث طول الوقت بسبب اعتلال فى رئتيه؟ إنه لأمر مزعج بما فيه الكفاية عندما يتألم حيوان بهذه الطريقة، ولكنه يصير رهيبا عندما يحلّ هذا المصير بطفل آدمى.

يجد المرء نفسه مدفوعا، للخروج بنتيجة مفادها: أن الاستنساخ التكاثرى لا يجب أن يُجرَّب على البشر مطلقا إلا حين يثبُت أنه آمن تماما. لكن وكما نعرف جميعا، الأمان المطلق أمر مستحيل، ولو استخدمنا هذه القاعدة المبسطة، لَكُنّا ما زلنا نعيش فى عصور الظلام: فمع الفوائد التى تجلبها كل تكنولوجيا جديدة، دائما ما تبرز المخاطر. حتى الآن يصح أن نقول : إنه بالنسبة للوقت الراهن على الأقل، الاستنساخ التكاثرى يجب حظره ، لأنه ينطوى على مخاطر شديدة. تبدو المشكلات مثبطة للهمة لكنى لن أتطرّف مطلقا لأقول بأننا لن نتغلب عليها أبدا. يعتمد كل شىء على تفاصيل التقنية مثل استخدام بويضات طازجة. ليس لدى ثمة شك فى أن هذا النوع من الدراسة، وأن هؤلاء الذين سيحاولون استيضاح أن الخلايا الجذعية الجنينية المستنسخة طبيعية، سيعملون على أن يوضحوا لنا كيفية التعامل مع العديد من

المشكلات التى تواجه الاستنساخ لإنتاج أطفال. علاوة على ذلك، أعتقد بأنه مامن تطبيق واضح، لأن هناك العديد من الطرق البديلة لإرضاء الاحتياجات الظاهرة. وبشكل أكثر تحديدا، أعتقد بأنه سيكون من الممكن إنتاج بويضات أو حيوانات منوية للأفراد الذين يعانون من العقم فقد أوضحت العديد من المجموعات البحثية حاليا، كيف يمكن للخلايا الجذعية الجنينية أن تتنامى فى المختبر إلى الأشكال الأولية من الخلايا والتى تصبح فى نهاية الأمر بويضات أو حيوانات منوية. إذا أخذت الخلايا الجذعية من جنين مستنسخ، فإن البويضات أو الحيوان المنوى آنذاك يمكن أن يُسْتَخْدما بواسطة الشخص الذى أخذت منه الخلية الواهبة النووية.

فى عمل مبكر على الخلايا الجذعية الجنينية للفأر، استخدم فريق هانز سكولار من جامعة بنسيلفانيا خلايا جذعية جنينية لصنع خلايا لها بعض خصائص البويضات. قام توشياكى نوس من معهد ميتسوبيشى كاجاكو لعلوم الحياة فى طوكيو بالفعل بدفع الخلايا الجذعية الجنينية لفأر نحو إنتاج الحيوانات المنوية. وقام جورج دالى وزملاؤه فى مستشفى أطفال بوسطن ومدرسة الطب فى هارفارد ومعهد وايتهيد للبحث الطبى البيولوجى بحقن حيوان منوى غير ناضج لفأر تم تخليقه بهذه الطريقة فى داخل البويضات لإنتاج أجنة. لقد قدم عملهم إمكانية أن تنمى البويضات والحيوانات المنوية من خلايا جذعية، ذات يوم، وتستخدم لدراسة تأثيرات المواد الكيماوية المعوقة للهرمونات، والتكاثر المدعم، والاستنساخ العلاجى، وإنتاج المزيد من الخلايا الجذعية لأجل استخدامها فى المزيد من البحث، وتطوير علاجات للمرضى الذين يعانون من العديد من الأمراض.

وبالرغم من أنه لم يلح فى الأفق بعد أى من هذه الاستراتيجيات الأكثر تأملية سيثمر فى نهاية الأمر، فإن هذه التقنيات تقدم العديد من الفرص الجديدة للأزواج الذين يعانون من العقم، لإعادة بناء بويضاتهم وحيواناتهم المنوية حتى يتمكنوا من إنجاب أطفال من صلبهم الجينى هم، والذين يمتلكون خليطا من الجينات الخاصة بهم، كما هو الحال مع إنجاب طفل بالطريقة المعتادة. إن الاستنساخ فى الوقت الحاضر

يقدم فقط البديل غير المعتاد للحصول على توأم مطابق وأصغر لأحد الأبوين. باختصار، أشعر بثقة فى أنه سيكون هناك العديد من البدائل التى تغنى عن استخدام الاستنساخ التكاثرى، ولن يكون ضروريا، ولا أشعر أبدا بأن المجتمع سيستريح أبدا للاستنساخ التكاثرى، وستظل محاولات استنساخ الذرية محكوما عليها باللاأخلاقية.

ما وراء استنساخ البشر

مثل الكثيرين من زملائى، وأعتقد أن توقع تنمية أجنة مستنسخة بصورة روتينية، بحيث يمكن تنمية خلايا وأنسجة من أجل المرضى، غير مرجح على نطاق واسع أو على المدى الطويل، إلا أنه أساسى على المدى القصير. أساسى لأننا نعرف أن هذه الفئة من الخلايا، متفوّقة على غيرها (وخاصة الخلايا الجذعية البالغة) بأن لديها ما يمكّنها من التنامى إلى أى نوع من أنواع الخلايا، لو أن بمقدورنا تحسين هذه العملية وجعلها أكثر معقولية، سنحصل إذن على الخلايا ليس من أجل الإصلاح أو اختبار العقاقير فقط، وإنما من أجل الحصول على رؤى عميقة لما تنطوى عليه عملية النمو والمرض من تفاصيل أيضا. وعلى ضوء المعلومات التى يقدمها هذا البحث فى الاستنساخ العلاجى، وتفتح البصيرة الذى تمنحنا إياه دراسة المزيد من الخلايا الجذعية المتمايزة "البالغة"، يمكننا أن نستنبط طرقا لا تعتمد على الأجنة، ويمكنها أن تعيد الساعة التطورية لخلايا المريض للوراء، وبالتالى يمكنها أن تستعيد ممكناتها الجينية كاملة. إذا ما استطعنا فهم مالذى يحدث فى أعقاب النقل النووى، سنصبح ذات يوم قادرين على محاكاة هذه الأحداث، وبالتالى قادرين بالفعل على تغيير الخلايا من نوع لنوع آخر . وبالتالى فإنه بعد التعرض لنوبة قلبية، مثلا، فإنه من الممكن تحويل خلايا بشرة من المريض بواسطة خليط من العوامل إلى خلايا عضلات قلبية وتُستخدم لإصلاح التلفيات التى حدثت فى القلب. وهكذا سيمكن اشتقاق الخلايا المتطابقة مناعيا بدون تكاليف ومصاعب الاستنساخ. سيصبح فى إمكاننا تنمية الخلايا من أى نوع لإصلاح إصابة ما فى مريض بدون الحاجة لخلق أجنة بشرية ،

وبالطبع بدون أن نثير غثيان أولئك الذين مازالوا يعتقدون بأن الحياة تبدأ عند الحمل.

هناك تلميحات بالفعل بخصوص أن ذلك الإنجاز الفذ الذى حققته الخيمياء[(١)] الخلوية يعد ممكنا. فى عام ٢٠٠٢، أعلن فيليب كولاس من معهد الكيمياء الحيوية الطبية فى جامعة أوسلو كيف أنه أعطى نوعا واحدا من خلايا الجسم - الخلايا الليفية - بعضا من صفات نوع آخر من الخلايا يسمى خلايا T.) قام فريقه بثقب أغشية الخلايا الليفية وغمروها فى مستخلص من خلايا T. أدى إلى إعادة برمجة الخلايا الليفية لتفقد بعضا من وظائفها الليفية وتكتسب بعضا من وظائف خلايا T. منذ ذلك الحين، حول كولاس الخلايا الليفية إلى خلايا مفرزة للإنسولين، وإن كان بشكل انتقالى، كما قام بتحويل الخلايا الدهنية إلى الخلايا القلبية الموجودة فى عضلات القلب.

ابتدع بيتر شولتز وشينج دينج من معهد سكريبس البحثى فى لاجولا بكاليفورنيا أسلوب عمل آخر. إنهم "يمسحون" الجزيئات مفتشين تفتيشًا دقيقًا عن تلك التى يمكنها أن تدير عقارب الساعة للأمام أو للوراء فيما يتعلق بنمو الخلايا. يتعقب الكيميائيون جزيئا صغيرا يسمونه "ريفيرسين" والذى يمكن أن يجعل خلية عضلية تتحول إلى خلية جد أعلى تمتلك إمكانيات نمو أكثر، ويمكن تحويلها إلى مخزون أكبر من أنواع الأنسجة.

يريد العلماء فى الأساس أن يستخدموا هذه الطرق لدفع خلايا الجسم "لفقد التمايز" - لتعيد رحلتها إلى مراحل مبكرة وطيعة أكثر. وبالتالى يمكن للخلايا من أى نوع أن يتم تجديدها من ذرة من نسيج مريض إلى مدى واسع من العلاجات وأدوات الإصلاح. هذه الطريقة ستفى بالمتطلبات الرئيسة لنجاح الاستنساخ العلاجى: إنتاج

(١) الخيمياء هى الكيمياء القديمة، وكانت غايتها تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب، واكتشاف علاج كلىّ للمرض ووسيلة لإطالة الحياة إلى ما لا نهاية. (المترجمة).

خطوط سلالية خلوية تُفَصَّل وفق حاجة المريض الذى يريد أن يتجنب مشاكل عدم التوافق المناعى. سيكون من شأنه أيضا إلغاء الحاجة إلى الحصول على البويضات البشرية الموهوبة، والأكثر أهمية من هذا كله أنه سيجنّبنا الهجوم الأخلاقى الذى سيشنّه هؤلاء الذين يعارضون استخدام الأجنة البشرية.

ومع ذلك، مازال هناك واحد من تطبيقات النقل النووى ينطوى على استخدام للأجنة. أعتقد أنه ذلك الذى يقع ما بين طرفى الاستنساخ التكاثرى والاستنساخ العلاجى. هذا المستنسخ ليس شخصا ولكنه كيس جذعة. وعلى النقيض من الاستنساخ التكاثرى، فإن هذا المزج بين التعديل الجينى والاستنساخ يقدم من وجهة نظرى سبيلا للتخفيف من بؤس الإنسان، ومن ثم فهو بحاجة إلى إمعان النظر فيه.

الفصل التاسع

أطفال مصممون حسب الطلب!!

إن النعجة بولى لديها شىء هام يتعلق بمستقبل الإنسانية وتود أن تخبرنا به. إن تقنيتىّ النقل النووى والتعديل الجينى اللتين استخدمتا فى تخليقها لهما من التطبيقات الضخمة ما يمكن توظيفه فى الطب البشرى بالشكل الذى قد يمنع حدوث معاناة للكثير من المرضى. ربما يمكنهما منع ولادة أطفال يعانون من أمراض جينية مدمّرة. ولأن المواقف العامة تجاه الإخصاب خارج الجسم قد تحولّت من التخوّف والقلق إلى القبول، لذا يمكننى التنبؤ بذلك اليوم الذى سيصبح فيه التعديل الجينى للأجنة البشرية تقنية مقبولة كعمل روتينى، حتى ولو لم يستخدم على نطاق واسع. وعندما يصبح ممكنا إنتاج بشر معدلين جينيا بأمان وبشكل يمكن التنبؤ به (وهو الأمر الذى مازال بعيد الاحتمالية) سيأخذ الجنس البشرى على عاتقه المسئولية الأكبر لتطويره.

لكننى أرى قضايا أخلاقية عميقة تنشأ من جرّاء إدانة البعض لما يعتبرونه "قياماً بدور الإله". سوف يتحمل المرضى والآباء والمشرِّعون مسئولية ثقيلة الوطأة عندما نصل إلى نقطة تحديد ما إذا كان ينبغى استخدام هذه التكنولوجيا أم لا، وفى أية ظروف ينبغى استخدامها، إذا كانت الإجابة بنعم. يعتقد البعض أن الرغبة فى منع إنجاب أطفال معوّقين غالبا ما يتم توجيهها بطريقة تنطوى على تضليل وتحامل. أما الآخرون فيعتبرون هذا نوعا من التدخل غير المبرر فى التناسل الطبيعى. يخاف الكثيرون من الآثار بالغة الدقة بعيدة المدى على المجتمع: هل سيتغير

إحساس الطفل وقيمــته عندما يعــرف أن والديه قد تدخـلا فى عملية ميلاده لتغييرها بطريقة ما؟ يمكن استـخـدام هذه التقـنيات أيضـا لجعـل شخـص ما ليس مـتميّزا فقط بل فائق التميز ، فعلى سبيل المثال، زيادة الكتلة العضلية فى الجسم أو تقوية الذاكرة أو تأخير الشيخوخة.

أنا لا أعمل على هذه التقنية – ليس فى الوقت الحالى على الأقل – لكننى أعتقد أنه من الأهمـيـة بحـال مناقشـة الأمر بسبب أثره المحـتـمل بدءا من المكاسب وانتـهـاء بالمخـاطر، وكـذا الخـيـارات الصـعـبة القـائمـة أمـام الأفـراد والمجتمع على حد سـواء. على أية حـال فالأمر يشوبه الكثير من الارتباك بشأن ما يقترح العلماء القيام به على وجه الدقة، وما باستطاعتهم فعليًا، وما إذا كان ينبغى السمـاح لهم بالقيام بكل شئ. هناك العديد من التقنيات المقترحة بالفعل للتعامل مع الأمراض الوراثية، ومن أمثلتها العلاج الجينى.

العلاج الجينى

إن أكثر التكنولوجيات المتقدمة لدينا لعلاج العلّة الجذرية للمرض الوراثى، هو العـلاج الجـينى – الإزدراعـات الجـينيـة – لو أن هذا المصطلح يروق لك. على سـبـيل المثال، يمكن استـخدام هـذا العلاج فى إصـلاح الجينات التـالفة المسببة لأمراض مثل أنيمـيا الخلايا المنجـلية، إن اضطــرابات الخلايا المنجليــة أكثر شـيوعـا فى الأفراد ذوى السـلالات الأفريقيـة، وسـلالة حـوض البحـر الأبيض المتوسط، والهنود، وسـلالات الشــرق الأوسط، وواحـــد مـن بين كل ثـلاثة عـشــر فـردا من الأمـريكيــين الأفـارقـة يحمل سمـات مرض الخلايا المنجلية. يُسَبِّب هذا المرض "خطأ هجائى" جينى مفرد – طفرة فى نيوكلـيـوتيدة مـفردة – فى جين الـ "بيتا جلوبين" البشـرى الذى يؤدى إلى تكوّن نوع مـخـتل من الهـيــمــوجلوبين، وهو البـروتيــن الذى يمكنـه القـبض على الأكسجين وإطلاقه.

إن نسخة واحدة من جين الخلايا المنجلية أمر مفيد، شريطة أن تقوم بالإمداد بحماية أكثر فأكثر ضد الملاريا أثناء العقد الأول من حياة الطفل، وهذا طبقا لدراسة قام بها توم ويليامز لمعهد البحث العلمى الطبى فى كينيا التابع للبرنامج البحثى ويلكوم تراست فى كيليفى. بالرغم من هذا، فإن الأطفال الذى يرثون جرعة مزدوجة من الجين المنجلى يعانون من مرض خلايا الدم المنجلية الذى يؤدى فى أسوأ حالاته إلى الاعتلال المزمن للصحة، ويمكن أن يسبب الوفاة المبكرة.

تزوِّد خلايا الدم الحمراء الجسم بالأكسجين بواسطة حمولتها من الهيموجلوبين الذى يطفو بشكل طبيعى وحر بداخلها. لكن مرضى خلايا الدم المنجلية لديهم نوع متغيِّر و"لزج" من الهيموجلوبين يميل للتكتل معا مكونا أليافا طويلة. وتقوم الألياف بتكوين سقالات تشوّه الخلايا محوِّلة إياها إلى الشكل المنجلى، وبالتالى فإنها تسدّ الأوعية الدموية الدقيقة. هذه العقد المرورية تحرم الأعضاء الحيوية الأساسية فى الجسم من الأكسجين، وينتهى الأمر بإصابة المرضى بمرض فقر الدم، الصفراء، تلف الأعضاء الحيوية العظمى، والعديد من العلل الأخرى. ويمكن للعلاج الجينى نظريا أن يشفى هذا المرض.

وللقيام بهذا، سيأخذ العلماء جينا مُصحَّحا – شكل طبيعى من جين البيتاجلوبين – ويقومون بإدخاله إلى خلايا نخاع العظم فى المرضى. ويمكن إنجاز مهمة الجراحة الجينية بواسطة فيروس معدل، وهو مادة كيميائية معقدة تم شحذها من قبل الطبيعة لتقوم بإدخال شفرتها الجينية إلى الخلايا لتقوم بالقرصنة على أجهزتها الخلوية. وبدلا من أن يحوّل الخلية إلى مصنع إنتاج للفيروسات، يُعَدَّل الفيروس بالطريقة التى تمكِّنه من إدخال جين علاجى للخلايا. توجد طريقة أخرى لإتمام هذا عن طريق تعبئة الجين فى جزىء من الدهن يسمى الليبوسوم، أو حتى عن طريق حقن الـ د.ن.أ العارى.

لقد تم اختبار العلاج الجينى عدة مرات. أجريت أول محاولة بشرية مُصَادَقٌ عليها للعلاج الجينى بواسطة ميشيل بلايز وزملائه فى سبتمبر ١٩٩٠ فى المعهد

القومى للصحة فى بيثيسدا فى ميريلاند. رحّبت وسائل الإعلام آنذاك بهذه التجربة على اعتبارها فجر النهضة الطبية الذى سيقدم علاجات للأربعمائة مرض وراثى أو أكثر، التى تتسبَّب فيها اختلالات فى الجين المفرد، بل وحتى للسرطانات، وأمراض القلب، والعلل الأخرى، حيث تلعب الجينات دورا كبيرا فى إصابة البشر بها. ولكنه وبسبب الفتاتين الصغيرتين – المصابتين بحالة نادرة من نقص المناعة – اللتين تلقَّتا علاجا جينيا واستمرّتا فى تعاطى العلاجات التقليدية، خرجت علينا هذه المحاولات الرائدة بنتائج ملتبسة.

وبالرغم من أن الأبحاث التى أُجريت على الحيوانات استمرت فى التأكيد على أن العلاج الجينى تكنولوجيا واعدة للغاية، فإن المحاولات على البشر خلال ذلك العقد من الزمن كانت مخيّبة للآمال. انبثقت لمحة خاطفة لإمكانية النجاح الحقيقى للعلاج الجينى فقط فى عام ٢٠٠٠، عندما أحرز العلاج الجينى نتائج لافتة للنظر. وصفت ورقة بحثية نُشرت فى دورية العلم كيف حرَّر هذا النوع من العلاج ثلاثة من الصبية من سجنهم الخالى من الجراثيم. عالج آلان فيشر و زملاؤه فى مشفى نيكر فى باريس الذكور الصغار، من ستة أشهر إلى واحد وعشرين شهرا من العمر، الذين أصيبوا باضطراب جينى يسبب نقصا شديدا فى المناعة يسلب الجسم كل دفاعاته. يسمى هذا المرض بنقص المناعة الموحَّد الشديد (SCID) X1، ويشير الـ X إلى كيفية توريثه عبر الكروموسوم X، لقد أجبر المرض هؤلاء الذكور الصغار على العيش بداخل "فقاعات" معقَّمة (يُعرَف الأطفال الذين يولدون بالنوع الحاد من مرض SCID بأطفال الفقاعات) تقوم على حمايتهم من التهديدات الخطيرة التى قد يتعرّضون لها مثل القرح الفيروسية الصغيرة أو الجديرى المائى. إنهم قد يموتون خلال عام واحد بدون زرع نخاع عظم يقوم بإعادة بناء جهازهم المناعى غير الموجود. لكن هذا الزرع ينجح فى ستين بالمائة فقط من الحالات المصابة بهذا المرض، وتستلزم هذه الحالات علاجات إضافية.

وبفضل العلاج الجينى، فقد أعطى الصغار نسخة طبيعية من الجين المختلّ المسئول عن إحداث المرض. فى البداية، أزيل نخاع عظامهم. ثم تم بعد ذلك إكثار ما به من الخلايا الجذعية ، التى تمثل "المصدر" لكل الخلايا التى يتألف منها الجهاز المناعى، تمت زيادتها وإصابتها بفيروس فأرى محتوٍ على الجين المُصحّح، وفى النهاية، تُعاد إلى الجسم مرة أخرى. لقد تغيرت حيوات هؤلاء الصبية كثيرا جدا عن سابق عهدها من جراء هذا الفيروس الفأرى المعدّل جينيا (الذى يُشار إليه باسم الناقل). قبل ذلك، أُصيبَ الصبية بإسهال شديد، وكانوا غير قادرين على الأكل لإصابتهم بالتهاب الأمعاء المزمن، ولذلك لزمت تغذيتهم وريديا. بعد العلاج الجينى أصبحت أمعاؤهم سليمة، وتمكنوا من أكل وجبات طبيعية تتناسب وأعمارهم. لم يعد هناك المزيد من العزل الوقائى، لقد أصبحوا قادرين على أن يعيشوا فى المنزل وينعموا بالنمو الطبيعى والتكوين. هذا التحوّل كان لافتا للنظر، وقد سُجِّلت أيضا نجاحات أخرى فى محاولات مماثلة بواسطة آدريان ثراشر، وبوبى جاسبر من مستشفى جريت أورموند ستريت فى لندن.

لكن الإنجاز الحاذق للفريق الفرنسى أصبح متآكلا. فتقريبا بعد العلاج بثلاث سنوات، بدأت خلايا الدم البيضاء فى التكاثر بشكل غير طبيعى فى أصغر مريضين، كما يحدث فى حالة سرطان الدم اللوكيميا. أظهرت الفحوصات التالية أن الناقل الفرنسى قد تحوّل إلى جين مُسَرْطِن – جين يسبب حدوث السرطانات – يسمى LMO2، وهو لازم لإنتاج خلايا الدم. مات أحد الأطفال، وحتى وقت كتابة هذا الكتاب أصيب آخر باللوكيميا. وبالرغم من هذه النكسة المأسوية، لم يعان المرضى فى المحاولة البريطانية من آثار جانبية خطيرة. ما زال يُعْتَقَدُ بأن العلاج الجينى يقدم بديلا آمنا لزراعات نخاع العظم المأخوذ من الوالدين أو من واهب غير متوافق لا يمتُّ بصلة قرابة. إن النواقل – الفيروسات – صارت تُصَنَّع طوال الوقت بشكل آمن وأكثر فعالية.

وبعيدا عن المخاطر التى يمكن أن تنشأ مصاحبة لأى تقنية تجريبية، يجب أن يُلقَى الضوء على إحدى النتائج الأخرى لهذا النوع من العلاج الجينى. فالتأثير المباشر للجين المزروع يقتصر على الصبية وحدهم. إن الإصلاح الجينى الذى أجرى بواسطة الفريقين الفرنسى والبريطانى لن يُوَرَّث لأى من الذرية الذكور التى قد ينجبها هؤلاء الصبية فيما بعد، لأن الجين المزروع أثَّر على نخاع العظم فقط. وهذا ما يسمى بالعلاج الجينى الجسمى - حيث الخلايا الجسمية هى خلايا غير تناسلية - وهذه المحدودية أمر جوهرى بالنسبة للمصادقة الأخلاقية، حيث أنه كان ومازال هناك انزعاج بخصوص استخدام علاج جينى ذى خط سلالى جرثومى يمكنه تمرير الجين الجديد إلى ذرية المُسْتَقْبِل. وسيتأثر الجُمَيْعَة الجينى[1] البشرى بشكل دائم كنتيجة لذلك. بل وهناك بعض الأحاديث عن "التلوّث الجينى". وبالرغم من أنه من المحتمل أن تتطور هذه التغييرات إلى الأفضل، فإن الخوف من حدوث خطأ فى التكنولوجيا أو الحكم عليها يمكن أن ينطوى على عواقب بعيدة المدى.

قصة ANDi

يمكن أن يُجْرَى العلاج الجينى أيضا فى مرحلة حياتية مبكرة أكثر لتعديل كل الخلايا فى الجسم، بما فيها الخلايا الجرثومية. تم استخدام هذه الفكرة لإنتاج أول حيوان معدَّل جينيا من الرئيسيات، قرد ريسس وليد يسمى ANDi (هى التهجئة المعكوسة لـ"د.ن.أ المُدْخَل") قاد جيرالد شاتين، الذى عمل بعدئذٍ فى مركز أبحاث أوريجون الإقليمى للرئيسيات فى بورتلاند، المجموعة التى أضافت الجين الزائد الذى يشفِّر للبروتين المعروف ببروتين السمك الهلامى الأخضر الفلوريسينى. هذا البروتين لم يكن محل اهتمام طبى، ولكنه سهل الاكتشاف للغاية ، فهو يجعل المستقبِل يشع

---

(١) المستودع الجينى: هو كل الجينات المتاحة فى الأفراد المتناسلين فى نوع أحيائى معين سواء كان ينتمى للحيوانات أو النباتات (المترجمة).

باللون الأخضر عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية. لقد أعطى نجاح ANDi الضوء الأخضر لصياغة نماذج من الرئيسيات لأمراض مثل الألزهايمر.

وبتنحية الموضوع المثير للمناقشات الطويلة، بخصوص ما إذا كان ينبغي "أنسنة" الرئيسيات لاستخدامها لأغراض البحث العلمي جانبا، نجد أن المخاطر التي انطوت عليها عملية تخليق ANDi ستكون غير مقبولة بالنسبة لتطبيقها على البشر. لقد استخدم شاتين وأنتوني شان فيروسا يحتوي على الجين في صورة شفرة ر.ن.أ لتعديل ٢٤٤ بويضة جينيا، ثم بعدئذ تُلَقَّحُ هذه البويضات لإنتاج أربعين جنينا، ونُقِلَت الأجنة إلى عشرين من الأمهات البديلة، لكن ذلك أدّى إلى خمس من حالات الحمل فقط. ولد ثلاثة من الذكور الأصحاء، وأجهض جنينان، وآخر لم ينم أثناء الحمل. من بين الثلاثة الأصحاء، كان ANDi فقط هو من احتوى على الجين المعلَّم، اُكتُشِف هذا عندما قام الفريق بفحص وتحليل المادة الجينية المستخرجة من داخل صدغه، وشعره، والخلايا الموجودة في بوله، بالإضافة إلى الدراسات التي قاموا بها على مشيمته وحبله السُرِّي. وبالرغم من أن ANDi قد استقبل الجين، فلم تكن التجربة متوهجة بالنجاح الحقيقي: فلم يبدُ أن الجين قد استخدم بداخل خلايا ANDi.

إن تجربة الفريق الفرنسي مع أطفال الفقاعات، وتجربة الفريق الأمريكي مع ANDi تبدو شبيهة للغاية بتجربة شخص مثلي أمضى السنوات في تغيير التركيبة الجينية للفئران، والنعاج والماشية. وكلنا اكتشفنا أنه بالإمكان إحداث تغييرات جينية، لكن الأمر ينطوي على العديد من نواحي القصور. أولها: أنه من الممكن إضافة جينات فقط، لكن الحذف أو الإصلاح غير ممكن. ثانيها: تدنِّي الفعالية حيث أن نسبة ضئيلة للغاية من الذرية الناتجة هي التي تحمل الجينات المضافة، وأخيرا، فإن الجينات عادة لا يتم استخدامها بداخل الجسم. وكما أوضح الفريق الفرنسي، فإنه حتى لو استقبل الجسم الجينات الجديدة بنجاح، فمن الممكن أن تسبب هذه الجينات المشكلات. من الواضح تماما أن هذه التقنية ينبغي أن تُصقَل وتُحَسَّن جيدا قبل أن تُطرَح للاستخدام

الروتيني في مجالات الطب البشرى، بالرغم من كل هذا، توجد طريقة بديلة للتعامل مع المرض الوراثي لا تنطوى على سمكرة للجينات وهى مستخدمة بالفعل على نطاق واسع.

انتقاء الأجنة

في الماضي، لم يكن لدى الأزواج المدركين لحقيقة أن لديهم تاريخا عائليا للمرض الجيني، وما زالوا يرغبون في الإنجاب، خيارات سوى أن يستمروا في ذلك بلا أدنى معرفة لما إذا كانت ذريتهم كلها أو أي منها سيرث المرض. كانت الحياة بالنسبة لهم بمثابة ياناصيب ينطوى على رهانات بالغة الخطورة. خذ مثلا الهيموفيليا من النوع A، وهي النوع الأكثر شيوعا وخطورة. على العكس من مرض كريسماس الذى صادفناه في الفصل الخامس، يسبب هذا النوع الأكثر شيوعا من المرض طفرة في الجين المسئول عن العامل VIII، وهو بروتين يُصنع بصفة أساسية في الكبد ويلعب دورا في الاستنساخ. يمكن أن تحدث الطفرة تلقائيا، كما حدث في حالة الملكة فيكتوريا التي توجت على عرش بريطانيا العظمى فيما بين عامي ١٨٣٧، و١٩٠١.

هذه التغيرات الدقيقة في الـ د.ن.أ أرسلت مويجات عبر التاريخ. لقد أصيب طفل فيكتوريا الثامن ليوبولد، ومات في عمر الواحدة والثلاثين من جراء النزيف. وكانت اثنتان من بناتها أليس وبياتريس حاملتين لجين المرض وقامتا بتمرير الجين المعطوب وراثيا إلى العديد من الأسر الملكية في أوروبا، بما فيها من أسر في أسبانيا وروسيا. في عائلة رومانوف، مُرِّر الجين لحفيدة فيكتوريا الأميرة أليكساندرا. تزوجت الأميرة من الإمبراطور نيكولاس من روسيا، وأصيب ابنها تساريفيتش بالمرض أيضا. وقد كان للأميرة والراهب راسبوتين الذى قام بعلاج تساريفيتش أثر سياسى ضخم، وربما كانت مكائدهما مسئولة جزئيا عن التعجيل بقيام الثورة الروسية.

جاءت إحدى الخطوات في سبيل إنهاء هذا اليانصيب المميت مع تطوّر اختبارات الدم المتنوعة التي يمكنها المساعدة في فحص الحالة الصحية للطفل الذى لم يولد بعد.

فعلى سبيل المثال، يوجد اختبار على الدم يمكن استخدامه من قبل الأطباء لتقييم الخطورة التى يتعرض لها جنين مصاب بالسِّنِّينة المشقوقة، ومتلازمة داون، وغيرها من الاختلالات فى الكروموسومات، أو العيوب التركيبية فى جسم الإنسان. فى حالة متلازمة داون التى تحدث عندما يحتوى الجنين على نسخة إضافية من الكروموسوم ٢١، وبالتالى جرعة زائدة من ٢٢٥ جينا يحملانها، وُجِد أن مستويات نوعين محددين من البروتينات فى دم النساء الحوامل يمكنها أن تكون بمثابة مؤشر على الخطورة. فالطفل الذى لم يولد بعد يعتبر معرّضا لخطر الإصابة بالمتلازمة المرضية، إذا ما أظهرت الاختبارات أن ال"بيتا هيومان كوريونيك جونادوبين" (الهرمون الذى يتكوّن أثناء الحمل) يوجد بتركيزات مرتفعة، وأن بروتين البلازما A المرتبط بالحمل موجود بتركيزات منخفضة. وُجِدَ أيضا أن الأجنة المصابة بمتلازمة داون تميل إلى تكوين المزيد من الجلد فى مؤخرة العنق (شفافية مؤخرة العنق)، والتى يمكن تحديدها الآن بواسطة المسح بالموجات فوق الصوتية.

وللتأكد من صحة تشخيصهم يقوم الأطباء بـ "بزل السلّى"[(١)]، وأخذ عينات من الزغبات المشيمية (CVS) لفحصها، وتعتمد كلتا الطريقتين على الحصول على الخلايا الجنينية حتى يتسنى لها تحليل كروموسوماتها لأجل اكتشاف العيوب. يتم إجراء بزل السلى بصورة تقليدية فيما بين الأسبوع الخامس عشر إلى الأسبوع الثامن عشر من الحمل عندما تستخدم لإبرة لجمع السائل من تجويف السلى. فى (CVS) الذى يمكن إجراؤه مبكرا فيما بين الأسبوع العاشر إلى الثانى عشر من الحمل، تؤخذ العينة من جزء سميك من الزغبات المشيمية، وهى نتوءات تشبه الأصابع موجودة على الجانب الجنينى من المخمل المشيمى، المشيمة المبكرة. والاختباران كلاهما ينطوى على خطورة تعرض الجنين للإجهاض، لذا عادة ما يُستَخْدَمان عندما ترجّح الاختبارات الأخرى احتمالية وجود مشكلة ما.

---

(١) بزل السلّى: هو عملية سحب عينة من سائل السلى (السائل الأمنيونى) لفحصها، والسلى هو الغشاء الداخلى الذى يحيط بالجنين مباشرة (المترجمة).

تقدّم الاختبارات البديلة التى تستثمر حقيقة أن المادة الجينية للجنين مثل الـ .ر.ن.أ الناقل تسرى فى مجرى الدم للأم الحامل، طريقة ممكنة مبكرة وأكثر أمانا لفحص الجنين لاكتشاف أية اضطرابات جينية. ومهما كان الاختبار ، فإنه لو كشف أن الجين التالف موجود، ستتم فيما بعد مواجهة والدى المستقبل وتخييرهما بين الاستمرار فى الاحتفاظ بالحمل لإنجاب طفل يُعرف عنه مسبقا أنه قد ورث المرض الجينى، أو إنهاء هذا الحمل. إنه مأزق مروِّع.

ظهر أمل جديد للأسر التى لديها تاريخ من المرض الجينى عام ١٩٩٠ عندما أعلن روبرت وينستون، وآلان هانديسايد وزملاؤهما من مستشفى هامرسميث بغرب لندن أنهم قد طوروا طريقة لاختبار أجنة التلقيح خارج الجسم وبالتالى تُزرع فقط الأجنة الخالية من أية عيوب خطيرة فى الأم. لقد قاموا بإجراء اختبار جينى على الـد.ن.أ المضخَّم المأخوذ من خلية مفردة سُحِبَت بواسطة إبرة فى الوقت الذى يتألف فيه هذا الجنين المبكر من كرية من ست أو ثمانى خلايا يبلغ قطرها واحد على عشرة من المليمتر فقط. يبدو أن المخاوف المثارة بصدد ارتفاع نسبة الخطورة الناجمة عن استئصال هذا النسيج الحى لفحصه مجهريا والتى قد تؤدى إلى عدم اكتمال فترة الحمل، لم تتجسد على أرض الواقع، فمعدلات الحمل بعد طريقة التشخيص الجينى ما قبل الازدراعية أو PGD هى نفسها بالنسبة للتلقيح خارج الرحم فى صورته الطبيعية.

لقد استخدم الفريق هذه الطريقة مبدئيا لتحديد جنس أجنة الآباء الذين يحملون اختلالات قد تصيب الصبية فقط بالمرض، مثل سوء التغذية العضلى من نوع دوشين وهو مُسَبِّبٌ مميت للهزال العضلى، واضطراب تغذية مادة الدماغ البيضاء الكُظْرى فى مرحلة الطفولة، وهو مرض مدّمر مُستفْحِل عُرِف جيدا من خلال حالة لورنزو أودون الذى ظهرت قصة حياته فى فيلم "لايت لورينزو" عام ١٩٩٣. وبمقدورهم باستخدام هذه الطريقة للتأكّد من أن أطفال أنابيب الاختبار الإناث فقط – والصحيحات منهن – هن من تُنْقَلْن إلى الأم. "لأول مرة"، قال وينستون،"يمكن لهؤلاء الناس الذين يحملون

أمراضا جينية شديدة الوطأة أن يبدأوا الحمل وهم يعرفون منذ البداية بأنه طبيعى دون أن يؤرّقهم شبح التخلّص منه."

منذ ذلك الحين امتدّت تطبيقات الـ PGD إلى تحليل خلايا الجنين والأجسام القطبية المنبوذة، سواء قبل أو بعد التلقيح، واتسع دورها للمساعدة فى معالجة العديد من الأمراض الوراثية الأخرى، وحجب الجينات التى تزيد من خطر الإصابة بالسرطان، ومعالجة مرض عامل ريساس، وهو حالة تنطوى على خطر الموت يسببها وجود عدم توافق الأم ودم طفلها. وفى القريب العاجل، ستصبح التقنية قادرة على الكشف عن أية عيوب بنفس السهولة التى تتم بها الطرائق التقليدية مثل بزل السلّى، فبفضل هذه الطرق الجديدة التى تكبّر وتفحص كل الـ"د.ن.أ" فى الخلايا الموجودة فى النسيج الذى تم استئصاله من الجسد الحىّ بدلا من أن يقتصر الأمر على فحص الـ"د.ن.أ" المرتبط بمرض واحد بعينه وهى الطريقة التى تسمى بتكبير الجينوم كله. يمكن أن تستخدم هذه الطريقة أيضا لفحص عدد الكروموسومات، حيث إن الاختلالات الكروموسومية تلعب دورا كبيرا فى إجهاض الأجنة.

طُوِّرت الطريقة الأخيرة، "التحليل الكامل للكروموسومات" بواسطة دوجان ويلز وجوى ديلهانتى من مدرسة الطب فى جامعة كلية لندن. تجمع التقنية طريقة تكبير الجينوم كله مع التهجين الجينومى المُقَارَن الذى يحدد اللاتوازنات الكروموسومية والتفاوتات العددية فيما بينها، وتقوم بإحصاء عدد النسخ الموجودة لكل كروموسوم مفرد فى معظم خلايا جنين ما قبل الازدراع. من المدهش أن هذه التقنية كشفت عن وجود نسبة من الخلايا غير الطبيعية فى معظم الأجنة البشرية التى ينشأ بعضها فى البويضة أو الحيوان المنوى، وينشأ البعض الآخر أثناء التطور المبكر، وبالتالى فإنه عند عمر ثلاثة أيام، تحتوى ستون بالمائة من الأجنة على فسيفساء من الخلايا الطبيعية وغير الطبيعية. فبالنسبة لهؤلاء الذين يتوقون إلى ولادة "عادية" أو "طبيعية" ، فإن هذا يدعوهم للتريث هنيهة والتفكير مليًا قبل اتخاذ القرار. بلغة الأرقام، فإن الجنين "الطبيعى" قد يكون غير طبيعى من الناحية الكروموسومية.

وكما هو الحال دوما، يثير الـ PGD أو التشخيص الجينى ما قبل الازدراعى عددا من القضايا. أولها : وجود تساؤلات حول سلامة التلقيح خارج الجسم. فبالرغم من أن المئات من الأطفال قد وُلدوا بعد استئصال جزء من الجنين لفحصه بدون أية آثار ضارة ظاهرة، نحتاج للنظر فى نتائج متابعة أكثر انتظاما لحالاتهم الصحية عبر عدة عقود زمنية لنكون على ثقة. هناك أيضا شكوك حول دقة الاختبارات الجينية التى استخدمت. لا يقبل البعض بالـ PGD أو استخداماته على المستوى الأخلاقى، لأنه ينطوى على عمليتين لتكوين وانتقاء للأجنة البشرية. هناك قضايا حول ما إذا كان ينبغى إجراء انتقاء ضد الحساسية والمرض. وحول ما إذا كان من الصواب اختيار جنس الجنين أو أية صفات مرغوبة فيه (بالرغم من أن خصائص مميزة مثل القدرات الموسيقية والذكاء معقدة جينيا بالشكل الذى يبدو أنه يفوق قدرات الـ (PGD) . من بين القضايا الأخرى التى ينبغى التعامل معها، هى ما إذا استخدم زوجان مصابان بالعمى أو الصمم، على سبيل المثال، الـ PGD لانتقاء جنين ذى إعاقة متوافقة[1] هناك تساؤل حول العدالة، فكثير من الناس لا يستطيعون دفع تكاليف الـ PGD، ومن غير الواضح ما إذا كان، ولأى مدى سيغطى موظفو التأمين الصحى والأنظمة الصحية القومية تكاليف الـ PGD. وهناك تساؤلات أخلاقية بالغة الأهمية حول تأثير الـ PGD على العلاقات داخل العائلة، والمعوقين من البشر، والمجتمع ككل. وللتأكيد على رأيى، أشعر بأنه تحت الخضوع لكل أنواع الضوابط الموجودة فى بريطانيا، ومع تقديم نصيحة سليمة متأنية للأبوين اللذين يريدان استخدام الـ PGD، فمن المرجّح جدا ألا تسبب هذه التكنولوجيا أية أضرار، وإنما تمنح العديد من الفوائد. ومن المؤكد أنها تقدم بديلا شفوقا للخضوع للحمل، وإجراء بزل السلى، والإجهاض فى حالة ما إذا كانت نتيجة الاختبار موجبة بالنسبة لوجود مرض خطير.

---

(١) منذ سنوات، أعلن زوجان عن رغبتهما فى إنجاب طفلٍ أصم مثلهما، وتحقق لهما ذلك باستخدام تقنيات التكاثر المدعم (المراجع).

الأكثر جدلا بين هذا كله، هو أن يتم استخدام التكنيك لخلق ما أسماه أعضاء حملات "أنصار الحياة" في إشارة لازدرائهم له بـ "الطفل المُصَمَّم لأغراض علاجية". كان الغرض من هذا المصطلح الازدرائي أن ينقل بصورة مقنعة الانطباع (المضلل) بأن الأبوين بمقدورهما الآن أن ينتقيا الأجنة بنفس الأريحية التي ينتقيان بها قطعة من ملابس مصمم أزياء ما. لكن انتقاء الجنين لا يعني تصميم جنين بالنسبة لي. ولا يبدو مختلفا جدا من حيث المبدأ عن انتقاء الأجنة التي تبدو بصحة جيدة في الإخصاب خارج الجسم. في حملة تم الترويج لها بشكل ضخم إعلاميا، تحدى أعضاء الحملة سلطة الـ HFEA لترخّص استخدام الطريقة لخلق "الذرية المنقذة"، وهي جنين سليم يتميز بتوافق جيني مصحّح تؤخذ خلايا من حبله السرى بغرض استخدامها لعلاج أخيه الأكبر. في هذه الحالة يعاني الأخ الأكبر من مرض خطير في الدم، يسمى الثلاسيميا، وكان الغرض من الاختبار هو تعويضه بمدد من خلايا الدم الحمراء الطبيعية. لقد منحت هذه الحالة المصادقة في آخر الأمر بعد معركة في المحكمة. وبالرغم من التغلب المدهش على العقبات القانونية، فإنه لا أحد بإمكانه أن يضمن النجاح. في الحالة الأولى أنتج خمسة عشر جنينا، ثبت أن واحداً من بينها فقط هو من ينطوي على توافق نسيجي مضبوط، لكنه حامل لمرض الـ"بيتا ثلاسيميا". في المحاولة الثانية، أنتجت عشرة أجنة، اثنان منها كانا خاليين من المرض ومتوافقين نسيجيا. زُرِع أحدهما لكنه ما من حمل نتج.

من الصعوبة بحال خلق "الطفل المصمم للأغراض العلاجية". هناك قصور في عدد البويضات التي يمكن أن تنتجها المرأة دفعة واحدة. ولن تخضع البويضات كلها للتلقيح والنمو السليم. حتى لو اختبر جنين سليم بنجاح، فإن الـ PGD لا ينجح كل مرة. جزء فقط من هذه الأجنة التي اختبرت بنجاح سيحتوي على التركيب الجيني الصحيح. كما أن الإخصاب خارج الجسم يخطيء حينا ويصيب حينا وعادة ما ستنتج محاولة واحدة لزرع الجنين. وما من طريقة تضمن أن واحدا حتى من أجنة التلقيح خارج الجسم يمكن أن يكون خاليا من الجين التالف ويحتوي على نوع النسيج

المتوافق فى نفس الوقت، وأن ينمو بنجاح داخل الرحم. هناك احتمال كبير بأنه ما من طفل سينتج أصلا.

استنساخ أجنة سليمة

إن الإخصاب خارج الجسم لهو أمر مزعج ومرهق بالنسبة للأزواج الذين فشلوا فى الإنجاب مرارا وتكرارا. إن ما يدفعونه من ثمن عاطفى ومادى لقاء حمل مدعم فاشل، يمكن أن يفوق قدراتهم للحد الذى يكون معه الاستسلام هو الأفضل، بالرغم من الحسرة التى تسحق القلب من جراء الحرمان من إنجاب الذرية. إن إنتاج أجنة التلقيح خارج الجسم أمر سهل بالشكل الكافى؛ كل ما فى الأمر هو أن معدل النجاح الكلى لاستمرار حمل نتج عن التلقيح خارج الجسم حتى المخاض منخفض نسبيا، وتعوزنا التقنيات اللازمة لتصحيح التلف الجينى لرفع معدل النجاح المتدنى هذا، أو بالأحرى نفتقر إلى طريقة موثوق بها لتصحيح التلف الجينى بدقة، والتأكد من تشغيلها، وحينها فقط يتم نقل الجنين البشرى المعدل إلى داخل الرحم. ومع ذلك يمنحنا النقل النووى أثناء الفصل الأوسط من الحمل وسيلة لإنجاز هذا. وبالدمج مع المنابلة الجينية، يسمح بإجراء تغييرات دقيقة على الـ"د.ن.أ" بما فيها إجراء تعديلات على الجينات الموجودة. ومن الممكن التأكد من نجاح التغيرات الجينية قبل البدء فى الحمل مختبريا. منذ ولادة بولى، استخدمت هذه الطرق لخلق فرص بيوطبية جديدة كلية، كما أوضحت فى الفصل الخامس.

اعتمدت ولادة بولى الناجحة على مقدرتنا على تنمية الخلايا فى المختبر لمدة طويلة يمكن خلالها إجراء التغييرات الجينية. لقد استخدمنا فى إنتاجها خلايا جنينية، لأنها كانت متوفرة بأعداد كبيرة كافية ولها فترة طويلة فى المستنبت. ورغم ذلك، وجدنا أن إجراء التغيير الجينى، وانتقاء تلك الخلايا المعدلة، والتأكد من حدوث التغيير أحيانا ما يستغرق وقتا طويلا، فتموت الخلايا فى المستنبت أو تصبح غير طبيعية. ويختلف

الوضع بالنسبة للطب البشرى. أنا أتصور أنه من الأفضل بالنسبة لمجال الطب البشرى استخدام الخلايا الجذعية الجنينية التى يمكن تنميتها بصورة غير محدودة تقريبا فى المستنبت، وبالتالى يمكن إجراء كل الخطوات. لمنع ولادة طفل مصاب بمرض جينى، يمكن للمرء أن يأخذ جنينا تم تكوينه خارج الجسم ثبت بواسطة تشخيص ما قبل الزرع أنه مصاب بعيب وراثى، ثم يقوم بإزالة الخلايا الجذعية منه، ثم يجرى التصحيحات الجينية، ثم يتأكد من أن هذه التعديلات قد شُغِّلت، وعندها يستخدم النقل النووى إلى بويضة منزوعة النواة لخلق جنين جديد بلا مرض.

إن الطفل الناتج لن يكون مستنسخا من أى شخص، بل مستنسخًا من جنينه المبكر. بالنسبة لى تعد هذه التفرقة مهمة بصورة عميقة. وكما قلت سابقا بأنى مهتم بشدة بالتأثيرات على الطفل الذى يُستنسَخ من شخص آخر، وأنا أعارضه. ومع ذلك فإن الجنين المبكر ليس شخصا، وأنا أرى أن الاستخدام المقترح للنقل النووى بهذه الطريقة لمنع إصابة طفل بمرض مروِّع إلى هذا الحد هو أقل إثارة للجدل. بل ربما بإمكان المرء أن يناقش الأمر قائلا : إنه ليس مستنسخا حقيقيا على الإطلاق: بالرغم من أن التعديل الجينى طفيف، مما يجعل د.ن.أ الجنين المستنسخ مختلفا عن نظيره فى الجنين المبكرالذى وهب النواة بمقدار جزء من المائة، فإن الطفل الناتج قد استثنى من الإصابة بمرض وراثى مرعب. حتى بالنسبة للعامة، هناك عالم من التباينات بين المستنسَخيْن.

ما من شك فى أن وسائل الإعلام ستهتم للغاية بالمولود الأول من نوعه. والآتى للدنيا بهذه الطريقة، وقد يشكل هذا ضغطا لكل من شاركوا فى ولادته. لكن هذا الضغط من وجهة نظرى سيكون أقل وطأة مما لو كان على "مستنسَخ" – بمعنى كونه توأما متطابقا جينيا مع شخص آخر، وسيُثار فقط بخصوص الحالات القلائل الأولى قبل أن تصبح التقنية روتينية وتفقد رونقها الإعلامى بالنسبة للصحفيين. لو كان آمنا وفعالا، فأنا لا أرى شيئًا لاأخلاقيًا فيما يخص هذا الاستخدام للنقل النووى لمنع الإصابة بالأمراض.

يمكن أن تطور هذه الطرق لإدخال تغيرات جينية على الأجنة لمنع ولادة أطفال مصابين بالتليف الكيسى والذين يموتون مبكرا بداء الرئة، أو بداء هانتينجتون وهو مرض تفسخى مدمر يفقد المريض فيه السيطرة على أطرافه إلى الحد الذى يبدو معه وكأنه يرقص. الاسم الأصلى للمرض هو "رقّاص(شوريا) هانتينجتون" وهو ما يعنيه الاسم تماما، وشوريا كلمة يونانية تعنى الرقص. لا تظهر الأعراض الأولى حتى منتصف العمر، لكن التدهور قاس للغاية مؤديا فى النهاية إلى الموت. ومن غير المدهش أن يرفض الشباب المعرضون للإصابة بهذا المرض المريع الخضوع للاختبار الجينى الذى يبين ما إذا كان المرض سيصيبهم أم لا.

إن ما أعرضه لن يشفى الآباء المبتلين بالمرض، لكنه سيساعدهم على التأكد من أن أيًا من ذريتهم سيكون خاليا من المرض. إذا أنتج زوج مصاب جنينا يحمل جينا غير طبيعى نبّه إلى وجوده "لعثمة جينية" فى الشفرة الجينية متطابقة مع تلك المميزة لمرض هانتينجتون، ثم نقوم بتعديل جينى لتلك الخلايا قبل الاستنساخ من أجل إنتاج جنين جديد خال من اللعثمة، سيضمن أن الطفل لن يصاب بالمرض. أنا أعتقد بقوة أنه، بمجرد أن يصبح من الآمن فعل هذا، ينبغى علينا النظر فى استخدام الاستنساخ لهذا الغرض. تمنح هذه الطريقة أملا جديدا لتعساء الحظ وأولئك الذى أخفقوا دوما فى إنتاج أجنة سليمة. عندما أسأل الطلبة عما يعتقدونه بخصوص استخدام التصحيح الجينى والاستنساخ بهذه الطريقة، يشيرون إلى صعوبة إنجاز هذا، وندرة البويضات، وهكذا، لكنهم لا يثيرون اعتراضات أخلاقية جوهرية. أنا أشك – وآمل – فى أن عامة الناس سيشعرون بنفس المشاعر.

تعزيز الخط الجرثومى

سينمو الطفل الذى نتج عن النقل النووى باستخدام خلية جنينية معدلة جينيا إلى أن يصبح بالغا، وسيتمكن من تمرير هذه التغيرات الجينية. هذا هو تعديل الخط

السلالى الجرثومى. هناك علاج خصوبة يسمى الناقل السيتوبلازمى له بعض من هذه الخصائص. فى هذه الطريقة التجريبية، يُحقَن السيتوبلازم المأخوذ من بويضة واهبة سليمة فى بويضة امرأة أكبر سنا "لتجديد شبابها". إن الغرض الأساسى من النقل السيتوبلازمى هو إنتاج جنين يجمع ما بين التركيبة الجينية لكلا الأبوين أساسا، مقدما بديلا لاستخدام البويضات الموهوبة. لكنه من الممكن أن يكون له تأثير إدخال تغيير جينى - الـد.ن.أ الدخيل فى مجموعات توليد الطاقة الخاصة بالميتوكوندريا فى السيتوبلازم الواهب - يمكن تمريره إلى الأجيال القادمة على امتداد الخط السلالى الأمومى (نحن نرث فقط مجموعات توليد الطاقة الخاصة بأمهاتنا).

إن هذا الاقتراح متطرف، لأن العلماء قد اختلفوا لمدة ثلاثة عقود زمنية على الأقل حول ما يسمى بـ "العلاج الخطى السلالى الجرثومى - تغييرات جينية تُمرر على امتداد الأجيال فى البويضات والحيوانات المنوية - وظلوا فى حالة من الانقسام بشأن ما إذا كان ذلك مسموحًا به أم لا. على أحد الجانبين يقف هؤلاء الذين يُحَرِمُونَه لأن الجينات يمكن أن تتفاعل فيما بينها بطرق معقدة، وبسبب اجتثاث بعض مما يطلق عليه جينات مرض، ربما تحدث آثار جانبية غير متوقعة. إنهم يخشون من الضرر الذى تسببه تلك الأخطاء للميراث الجينى للشخص، ومن تلويث المستودع الجينى البشرى. ويقف النفعيون ضدهم فى هذه المناظرة الذين يقولون بأن المخاطر نظرية، ويجب ألا يسمح لها بأن ترجح كفة الحظر وتحرم البشر من إمكانية حقيقية جدا يقدمها العلاج الخطى السلالى الجرثومى لتقليل معاناتهم. لكن النقل السيتوبلازمى لا يشبه النوع المعتاد من العلاج الخطى الجرثومى - فالصبية أو الذكور لن يمرروا التغيير الجينى لأطفالهم. منذ أول طفل تم إنتاجه بهذه الطريقة، إيما التى ولدت عام ١٩٩٧، تبعها قلة من الأطفال الآخرين. يمكن القول بطريقة محدودة ما ، أن جميعهم جاءوا من أمّين.

لم يقتنع عدد من المختصين ببيولوجيا التكاثر، المرموقون ومنهم روبرت وينستون، وآلان ترونسون، وروجر شورت قالوا : إن النقل السيتوبلازمى يحسن من معدلات

الحمل. وبالرغم من أن الميتوكوندريا عادة ما ينظر لها على أنها تتحكم فى إنتاج الطاقة الخلوية، أكثر من الطرز المظهرى (المظهر الجسمانى الخارجى وبنية المخلوق التى تتأثر بالـ"د.ن.أ" داخل النواة). فإنه قد ثار قلق بصدد مشكلات غير متوقعة، لأن للميتوكوندريا دورا مهمًا أيضا فى عمليات خلوية أخرى مثل موت الخلية. لقد أنجز العمل المثير للجدل والذى توقف عام ٢٠٠١ فى معهد العلوم و طب التكاثر فى سانت برناباس، ليفينجستون، نيوجرسى بواسطة فريق ضم رمزا مألوفا من رموز قصة الاستنساخ، ولم يكن هذا الرجل سوى ستين فيلادسين.

إن العلاج الذى تخيلته يمكن أن ينطلق إلى ما هو أبعد، ويغير واحداً فى عدة آلاف من التعليمات فى الـد.ن.أ النووى، وهو الـد.ن.أ الذى يشكِّل المظهر، والعقل، والقابلية للإصابة بالمرض. اقتنع العديد من العلماء بأننا يجب ألا نحاول فعل هذا مطلقا، لأن النتائج ستمرر للأجيال القادمة. لا يفكر الجميع بهذه الطريقة."سواء اعتمدت هذه المناقشات على الأخلاقيات أو على مخاوف من المجهول لا أساس لها من الصحة، فإن حكمى على الأمور لن يخضع لها فى النهاية" هكذا دافع جيم واطسون عن رأيه. ساعد جيمس واطسون وفرانسيس كريك مع موريس ويلكينز فى إطلاق ثورة البيولوجيا الجزيئية باكتشافهم تركيب الـد.ن.أ "إن علاج الخط الجرثومى من حيث المبدأ، هو ببساطة إعادة ما أفسدته المصادفة المروعة ببشاعة إلى المسار الصحيح." هذه وجهة نظر أتفق معها.

لقد تجاوز واطسون فى كتابه الـ "د.ن.أ: سر الحياة" التطبيقات غير المثيرة للجدل نسبيا، والخاصة بإصلاح المرض الوراثى، تجاوزها إلى منع حدوث الأمراض فى المقام الأول: "إن العلاج الجينى للخط الجرثومى ينطوى على إمكانية جعل البشر يقاومون الخراب الذى يسببه فيروس نقص المناعة. قد يقول البعض: بدلا من تغيير جينات البشر، ينبغى أن نركز جهودنا على علاج هؤلاء الذين نستطيع علاجهم ونوضح لكل شخص آخر مخاطر الجنس غير الشرعى. لكنى أجد مثل هذه الاستجابة

الأخلاقية غير أخلاقية بشكل عميق. لقد أثبتت التوعية التربوية أنها فعالة لكنها وبصورة ميئوس منها سلاح قاصر بالنسبة لحربنا."

فى الحقيقة يستطرد واطسون مشجعًا التعزيز الوراثى: التغييرات الجينية التى تقود رغباتنا بدلا من احتياجاتنا. قد يؤدى هذا إلى ثورة اجتماعية، لأننا حينئذ نكون قادرين - نظريا على الأقل - على أن نقولب أطفالنا بكل أنوا ع الطرق. وعند إثارة إمكانات علاج الخط الجرثومى القابلة للتطبيق، يقول، "بتحديد الجينات المسئولة، ألن نرغب فى إعداد قوة مستقبلية تحوّل من يعانون من بطء فى التعلم إلى آخرين يمتازون بسرعة التعلّم حتى قبل أن يولدوا؟ نحن لا نتعامل هنا مع الخيال العلمى.. يمكننا بالفعل منح الفئران ذاكرة أفضل. هل ثمة سبب يفسر ألا يكون هدفنا هو فعل المثل مع البشر؟"

وبالرغم من المخاطر، أكد واطسون على أنه ينبغى علينا أن نولى عناية فائقة لعلاج الخط الجرثومى: "أنا آمل فقط أن يظل العديد من المتخصصين فى البيولوجيا الذين يشاركوننى الرأى ثابتين على رأيهم هذا فى المناقشات التالية، وألا يفزعهم النقد الذى سيتعذر عليهم اجتنابه. بعضنا يدرك بالفعل الألم الذى يكمن فى الادعاءات والافتئاتات التى اتهم بها من قبل المتخصصين فى علم تحسين النسل. لكن هذا فى النهاية ماهو إلا ثمن بخس يُدفع مقابل رفع الظلم الجينى. لو أن عملا مثل هذا يسمى بتحسين النسل، إذن فأنا متخصص فى علم تحسين النسل."

يمكن للمرء أن يجادل بأن خلطة الاستنساخ والتعديل الجينى يمكن أن تقدم سبيلا آخر للتعزيز، وبالتالى يمكن للوالدين أن يمنحوا أطفالهم "حياة أفضل". بمعنى آخر، ما من جديد بخصوص آباء يودّون منح أطفالهم مزايا يتفوّقون بها على غيرهم. إنهم يحاولون إدخالهم أفضل المدارس. وربما يقومون بإلحاقهم بفصول دراسية إضافية، سواء لتعلم فن صناعة الخزف أو الموسيقى أو الباليه. إنهم يتأكدون من أنهم قد تمموا تطعيماتهم. يعطونهم المضادات الحيوية ويدفئونهم بنظام تدفئة مركزى ليحافظوا على سلامة صحتهم. يدفعون تكاليف باهظة لأطباء الأسنان فى مقابل تقويم

أسنانهم. حتى أن البعض قد يُجرى لأطفالهم جراحات تجميلية، أو يستخدمون عقاقير مثل ريتالين وبروزاك لتعديل أمزجتهم.

أنا أتوقّع أن كثيراً من الناس سوف يتدارسون أمر سمكرة جينات أطفالهم أيضا. سيقبل المناصرون للتعزيز بأن الجينات لا تحدد على وجه الدقة من نكون، ولكنهم يدللون على فكرة أنها تكبح جماح مجموعة من الاحتمالات داخل ظرف ما، وأن ذلك التغيير الجينى يقدم وسيلة لزيادة معدل الاحتمالات. يمكن استخدامه على سبيل المثال لتعديل الجينات الخاصة بالمهام العملية المعقدة، مثل تلك المرتبطة بالذاكرة أو البراعة اليدوية. ومن الممكن أن يعدل الجينات المرتبطة بالصفات التى يقدرها المجتمع مثل الإيثار والتعاطف. هناك حتى أفكار أكثر تطرفا مثل تعديل البشر ليصبحوا قادرين على احتمال التلوث أو تغيرات المناخ.

لدى اعتراضات بخصوص الاقتراح القائل بتعزيز قدرات أطفالنا على الصعيدين البيولوجى والأخلاقى. أنا أعترض وبشدة مثل معظم الناس على فكرة أن يحظى جنين ما بالحياة لأسباب سطحية مثل المكانة، والأفضلية أوالأناقة. أى عمل مثل هذا يعد بغيضا أخلاقيا، لأنه يختزل الأطفال إلى أهداف استهلاكية، يمكن ألا تكون فى صدارة الاهتمام تبعا لنزوات الأبوين. وكما قال آخرون، إن حب الآباء لأبنائهم لا يجب أن يكون مشروطا بالصفات التى يمتلكونها، حتى فى عالمنا الذى لا يرقى إلى المثالية.

هناك أيضا فرق جوهرى بين التعزيز الجينى، والطرق المعروفة والمحددة للتعزيز مثل التوعية، عقاقير تعديل المزاج، والجراحات التجميلية. إن التغييرات الجينية ستنتقل إلى الأجيال القادمة كلها، وسيكون تأثيرها أصعب من أن يُبطَل. بإمكانها أن تضعف من الخصائص والسمات الأساسية بالنسبة لإنسانيتنا، أو تضخّم من عدم قدرتنا على احتمال الإعاقات. ينبغى علينا التحلّى بالكثير من الحرص هنا.

هناك أيضًا قلق عظيم من الناحية البيولوجية. أنا متشكك بخصوص أن التعزيز الوراثى يعدّ بالكاد ممكنا، لأن التحكم الجينى فى العديد من السمات معقّد للغاية. إن أيا من الجينات المرتبطة بسمة ما ، تؤثر أيضا فى العديد من السمات الأخرى.

باختصار، لا نستطيع التنبؤ بتأثير تغيير الجينات، إلا في حالات الأمراض الوراثية المرتبطة باختلالات في جين محدد. وغالبا ما تتجه المناقشات حول "الأطفال المصممين لأغراض علاجية" وكيفية تَحَكُّمْ الجينات في لون العينين، التي تصنعها؛ وربما يتبع ذلك ادعاءات المرتجلة حول إنتاج أطفال زرق العيون أو ذوى شعر أشقر. ولكنه حتى فيما يخص هذا المثال البسيط، نجد أن علوم الجينات أبعد ما تكون عن تحقيقه بشكل دقيق. إن لون عيوننا يتأثر بواسطة التفاعل فيما بين العديد من الجينات التي تغيّر من توزيع ومحتوى الخلايا المفرزة للصبغة (الميلانين)، الميلانوسايت، في العين. عادة ما يتعلم الأطفال أن اللون البني سائد، ولذلك فإنه لو أن أحد الأبوين بني العينين، فإن ذريته يمكن أن تكون بنية العينين أيضا، بينما إذا كان الأبوين زرق العينين، فإنهما دائما ما سينجبان طفلا أزرق العينين. ولكنه ورغم كون هذا غير شائع، فيمكن أن ينجب الأبوان ذوا العيون الزرق أطفالا بنية العيون. في الحقيقة، هناك العديد من التفاصيل الدقيقة الخاصة بلون العينين، ومدى واسع من التدرّج اللوني الذي لا يستطيع العلماء حتى الآن تفسيره بصورة تامة.

وفيما يتعلق بسمات مثل الذكاء، بالإضافة إلى هذا التعقيد الجيني، تلعب البيئة - حياتنا الأسرية، وتعليمنا - بالطبع دورا مؤثرا لا يستهان به، وهناك حد لما يمكن تحقيقه ببساطة من خلال العمليات التي تجرى على الـ د.ن.أ من قص، وإدخال، وخلط. ومثل معظم الأمراض سنجد أن معظم السمات متعددة الجينات، أي منتج تفاعل الجينات مع بعضها البعض ومع البيئة. من المرجّح أن يكون الذكاء، والتكوين الوجهي، والانبساطية الاجتماعية سمات معقدة جينيا. حتى لو أصبح من الممكن أن نعيّن تلك الجينات المرتبطة بها بحسم، فإنه يتوجّب علينا اختبار عدد ضخم من الأجنة لنكتشف ذلك الجنين ذا "المحتوى الصحيح".

(١) أدار الجينوم البشرى بعد جيمس واطسون (المراجع).

ثمة مشكلة أخرى تواجه الآباء الذى يريدون دعم القوى العقلية لأبنائهم: هى أن الجينات يمكن أن تؤثر على العديد من الخصائص. أى تغيير جينى يُقْصَد به التأثير على سمة الذكاء، مثلا، يمكن أن يؤثر أيضا على بعض الأوجه الأخرى من الشخصية بطريقة لا يمكن التنبؤ بها. عقد فرانسيس كولينز،[1] وهو أحد الرواد المختصين بدراسة تتابعات الـ د.ن.أ مؤتمراً ضخمًا فى فرنسا منذ بضع سنوات حول الأثرياء من الآباء الذين أملوا فى إنجاب أطفال معززين جينيا ليصبحوا فنانين أو مؤلفين موسيقيين، لكن الأمر انتهى بهم إلى "مراهقين نكدين يدخنون الماريجوانا ولا يتحدثون إليهم". باختصار سيعدّ كل "تعزيز" تجربة. إننى أجد أن إجراء التجارب على الأطفال أمر غير مقبول. أنا اعتقد بأنه يتعيّن علينا أن نقبل أنفسنا وأطفالنا على ما نحن عليه، بدلا من محاولات إنسال سلالة محسّنة من البشر. ومثل جميع أقرانى أعتقد بأنه من الأفضل أن يُنفق المال على التعليم بدلا من إنفاقه على التحسين الجينى. إن إلحاق الأطفال بمدرسة جيدة سيظل ولمدة كافية من الوقت أفضل وسيلة لتحسين مستوى ذكائهم.

وقد تطرف آخرون فى حدسهم بخصوص الهندسة الوراثية بشكل يتجاوز أى منطق. لى إم. سيلفر من جامعة برينستون ومؤلف كتاب إعادة خلق عدن. الاستنساخ وما بعده فى عالم جديد شجاع أثار شبح "أطفال البوتيكات": يجلس الآباء أمام شاشة الكمبيوتر ليتصفحوا قوائم جينية ليختاروا من بينها الصفات التى يريدونها فى ذريتهم. لقد تنبأ فى المستقبل البعيد بأن تقوم الطبقات العليا فى المجتمع بشحن أطفالها بالمزيد من التعزيز الجينى على امتداد عدة أجيال للدرجة التى سيتعذر معها أن يتزاوجوا مع أفراد من الطبقات الأخرى، سعيد المترفين جينيًا نوعًا مختلفًا عن المعوزين جينيًا، وهو يحذّر من أن هذا سيكون من "أكثر الأشياء المرعبة التى حدثت فى تاريخ البشرية على الإطلاق".

أنا على ثقة من أن الرقى والفقر سيستمران فى تبادل الجينات، سواء عن طريق الجنس التقليدى أو التناسل المدعّم، وبالتالى فإن التشعّب إلى أنواع حية مختلفة لن

يحدث على الإطلاق. أنا أقدّر لسيلفر محاولته لكشف نقطة هامة، لكن هذا التنبؤ سيقبع فى المنازل، حيث روايات الخيال العلمى. لقد مررنا بمثل هذه التجربة من قبل مع الجميلة إيلوى ومورلوكس المتوحش فى رواية إتش. جى. ويلز الكلاسيكية التى ظهرت عام ١٨٩٥ "آلة الزمن". ورغم هذا، فأنا أقبل بمناقشات سيلفر لأن القوة الدافعة وراء العديد من استخدامات التكنولوجيات الحديثة ليس الحكومات، كما فى كتاب ألدوس هكسلى "عالم جديد شجاع" حيث توجد مفارخ بشرية تدار من قبل الحكومة. إنه – يقينا – الضغط التجارى. لو تركنا الأمر لقوى السوق، فأنا واثق من أنه سيوجد بعض الأزواج الذين سيحاولون تصميم أطفالهم. لو أن خيالات مثل تلك التى ساقها سيلفر فى كتابه "إعادة خلق عدن" تعلّمنا شيئا، فهو أن الاستخدام المنفلت للتكنولوجيات العلمية يمكن أن يمثل خطرا لحرية الإنسان وكرامته. يجب أن تُقنّن الطريقة التى تُطبَّق بها هذه التكنولوجيات. وكما قال هكسلى ذات مرة، إن العلم فى حد ذاته متعادل أخلاقيا. إنه يصبح طيبًا أو شريرًا طبقًا للطريقة التى يطبَّق بها.

حظر الأطفال المصممين.

بالرغم من الإيمان العقائدى لمعظم الناس بحرية السوق، فإن تجربة الغذاء والصناعات الدوائية أوضحت لنا أن سوقا غير منظمة لا تتلاءم مع أمور مثل الصحة العامة، وبالتالى التحوير الجينى. فى الولايات المتحدة حيث إيمانهم فى قوى السوق شديد، روقب إنتاج الغذاء والعلاجات لمدة قرن من الزمان بواسطة هيئة مراقبة الغذاء والدواء.

فى بداية القرن العشرين، كان هناك تنظيم طفيف لمبيعات الدواء. العديد من المنتجات التى بيعت لم يكن لها قيمة إكلينيكية. وتلك التى لها قيمة إكلينيكية مثل مسحوق لحاء الكينا المحتوى على الكينين، كان يمكن تصنيعها بطريقة تجعلها أقل فعالية – ولكنها أكثر ربحية – وذلك بتبديد المادة الفعالة بأى شىء، وأخرى كان

يضاف إليها ما نصنّفه اليوم على أنه عقاقير استجمامية. الأخيرة كانت تخفف من وطأة الانزعاج، وربما تجعل المريض "سعيداً" لبضع ساعات لكنها لا تقدم أى مداواة للحالة التى يجب أن تستهدف بالشفاء.

ولطالما كانت الرقابة على إنتاج الغذاء وتسويقه محدودة للغاية أيضا. وصف أبتون سينكلير فى روايته المؤثرة "الغابة" (١٩٠٦) الظروف الصحية وظروف العمل البائسة فى مجال صناعة تعبئة اللحوم فى شيكاغو، وساعدت على ظهور ردة فعل على السطح. لعبت مطبوعات مثل جريدة "بيت السيدات" دوراً قيادياً فى تكريس كل المجهودات السياسية للضغط على الكونجرس. لقد مررت مجموعة من الأفعال للارتقاء بعملية تنظيم الانتاج والتسويق. بالرغم من هذا التغيير، ما من ثمة إلزام لتقييم تأثير العلاجات الجديدة، وكان من المتعذر تجنب المآسى الناتجة. سوّقت شركة أدوية فى تينيسى نوعًا من عقار مدهش جديد، إكسير سلفانيلاميد، وهو من المضادات الحيوية المبكرة. رغم ذلك كان المذيب حلو الطعم فى هذا المنتج عديم المذاق نظيراً كيماوياً لمقاومات التجمّد فائق السُمِّية، ومات ما يزيد على مائة شخص كان من بينهم العديد من الأطفال. إن الاحتجاج الشعبى العنيف قاد فرانكلين د. روزفلت للتوقيع على قانون الغذاء والدواء ومواد التجميل فى ٢٥ يونيو عام ,١٩٣٨ لقد تجاوزت مأساة الثاليدومايد فى الستينيات سلطة الـ FDAs. إن المغزى من هذه القصص واضح، وغالبا ما تقع كارثة حتى تجبر الحكومات على التحرك.

تحذّرنا أحداث الماضى من مخاطر العواقب المأسوية لو لم تخضع التطورات فى تكنولوجيا التناسل لعمليات رقابية. يجب أن نولى عناية فائقة للأمر، خصوصا لو أننا بصدد اتخاذ قرار يتعلق بمستقبل كامل لطفل ما. يتطلب الأمر هيكلا تنظيميا. ومن المهم للغاية أن يُترك هذا للعلماء، والأطباء، أو حتى آباء المستقبل، وكل هؤلاء الذين لهم وجهات نظر خاصة بهم. فى الواقع ينبغى أن نتوقع أن يُعدّ هذا الهيكل التنظيمى ليسترشد به هؤلاء الذين على صلة وثيقة بالأمر، المهتمون، أو الذين يخفقون فى تقدير العواقب الكاملة للأطفال الذين ينتجون. يمكن أن يعزّز الهيكل التنظيمى بواسطة

تنظيمات قومية أو إقليمية، أو بواسطة لجنة أخلاقيات الممارسة الطبية. ليست ماهية المؤسسة التى تقدم هذا الهيكل مهمة فى الحقيقة، ولكن الحاجة الأساسية تكمن فى أن يأتى التوجيه من شخص ما ليس له صلة مباشرة بالموضوع.

رسم الخطوط

بالرغم من أننى مع التعديل الجينى لعلاج الأمراض، وضد التعزيز، فسأكون أول من يعترف بوجود عدد لاينتهى من النقاشات حول مكان رسم الخط. يتفهم الجميع أمنية، مثل الحفاظ على أطفال يولدون بدون أمراض جينية خطيرة مثل داء هانتينجتون، والذى ليس له علاج، كما أن مضاعفاته مدمرة. لو أن أمر منع هذه الأمراض وغيرها من الأمراض الجينية الأخرى أصبح آمنا وفعالا بواسطة الاستنساخ، فإنه من الصعب رؤية كيف يتم الاعتراض عليه بناء على خلفية أخلاقية. وبالمثل، سيقول معظمنا إنه من المرغوب فيه أن نعطى هرمون النمو المخلّق للتأكد من أن طفلا متقزّما سينمو إلى طوله الطبيعى. وفوق ذلك، يبدو استخدام العلاج الخطى الجرثومى كى نُجَنِّب أطفال ذلك الطفل نفس المصير أمراً معقولا. لكن ماذا لو استشهد والدا "طفل طبيعى" بما فى أدبيات العلم المطولة والمقنعة حول ما يصيبه طوال القامة من البشر من نجاحات فى الحياة – يميلون إلى التعلم أكثر، ونيل احترام أكبر، كما يجتذبون شركاءهم بسهولة – وطلبوا زيادة طول طفلهم الطبيعى قليلا؟ حقا، ماذا لو أراد الوالدان أن يتحلى طفلهما بطول القامة الكافى ليصبح لاعب كرة سلة.

يمكن أن يشعر الناس ذوو المظهر الجسمانى غير الملائم أو غير الطبيعى أو غير المعتاد بالاكتئاب وعدم الرضا. بعض الناس يمكن أن يتجادلوا بخصوص تغييرات تجميلية على أساس أنها تنقذ الحياة إذا منعت الشباب المعرّض من الإقدام على الانتحار، بسبب عدم رضاهم عن أحجام أنوفهم أو إصابتهم بالصلع مثلا. إن المخاطر التى يواجهها الناس مع الجراحات التجميلية لهى استشهاد قوى على رغبتهم فى

الحصول على صور لأجسادهم تتواءم والمعايير المقبولة، وسيكون هناك - بلا شك - ضغط شديد من قبل بعض الآباء لإجراء جراحات جينية على أطفالهم الذين لم يولدوا بعد لتحقيق نهايات مماثلة.

إن ما تنطوى عليه عملية سمكرة الجينات من إمكانيات تثير قضايا أخرى. هل تعد الشيخوخة مرضا؟ بالطبع لا، إنها جزء طبيعى من دورة الحياة. لكن ومع افتراض أن البحث العلمى الحديث أمدّ فى عمر المخلوقات مثل الدودة الخيطية(١)، يبدو أنه من المرجح بشدة وجود جينات بشرية تؤثر على طول العمر (بالرغم من أنها بكل تأكيد تمثل القصة كلها حين يتعلق الأمر بالحياة المديدة). هل يعنى هذا أن الشيخوخة يجب أن "تعالج" بالتعديل الجينى؟ ولو كان الأمر كذلك، فما الذى يعنيه هذا بالنسبة للمجتمع؟ رجح جون هاريس أستاذ علم الأخلاق الحيوى فى جامعة مانشيستر أن تؤثر هذه "الشيخوخة البطيئة" بشكل عميق على ما نعتقد أنه قدسية الحياة البشرية، مثيرا الكثير من الامتعاض، لأن العجائز السوبر سينافسون الشباب على الوظائف، والأماكن وكل الموارد الأخرى. لقد قال بأن المجتمع ربما يلجأ حتى إلى ما أسماه "التطهير الأجيالى": حيث بمجرد أن يأخذ الفرد "فرصته العادلة"، ينبغى عليه أن يموت - بالانتحار، أو بالقتل الرحيم، أو من خلال إعادة تنشيط عملية الشيخوخة.

ومهما كان الفارق شحيحًا بين التعزيز والعلاج، ومهما مثل الأمر من انتهاك للحدود، يبقى وجه واحد لهذا التدخّل الطبى كما هو: التحسين الجينى بالطريقة التى شرحتها فى هذا الفصل سوف يتم اقتراحه من قبل الآباء لمصلحة أطفالهم الذين لم يولدوا بعد. وهذا يتعلّق بمصير أطفال المستقبل، وهو القرار الذى ينطوى على آثار غير مباشرة فقط على الشخص الذى يتخذ هذا القرار. المجتمع لديه التزام فيما

(١) الدودة السلّكيّة أو الخيطية: دودة من السلّكيّات أو الخيطيات Nematoda وهى طائفة من الديدان الاسطوانية المتطاولة التى تتطفل على الحيوانات والنباتات أو تحيا فى التربة أو المياه (المترجمة).

يخصّ التدخل لمصلحة الجنين فيما يتعلق بالموازنة بين مخاطر ومنافع التغيير الجينى. إن عملية انتقاء الصفات التى قد يظن الأبوان أنها مفيدة، يمكن أن يعتبرها الطفل فيما بعد لعنة. الآباء الذين يناضلون لتحقيق أهدافهم وجعل استثماراتهم تستحق العناء المبذول فيها، يمكن أن يكتشفوا أن الانتقائية غير مكبوحة الجماح للأطفال، بل يمكنها أن تدمر الحب غير المشروط لهم والذى يمثل حجر الزاوية فى علاقة الآباء بالأبناء.

وبعيداً عن هذه القضايا الأخلاقية فإن والافتراضية، هناك اعتبارات عملية واجتماعية أخرى. سيكون التصحيح الجينى مكلفا. وسيتطلب الأمر العديد من الخطوات الصعبة والمعقدة، وعند أية خطوة يجب أن تجرى العديد من المراجعات وعمليات الفحص للتأكد من سير الأمور على ما يرام. إن جعل هذه العملية موثوقا بها عمل يستغرق وقتا طويلا ويتكلف الكثير من المال. وهذا يعنى أنه ينبغى الاختيار بخصوص كيفية تقسيم الموارد المحدودة. وكما هى الحال دوما، فإن الاستمتاع بالمكاسب سيكون من نصيب الأثرياء أولا مما يرجّح وجود أناس موسرين جينيا وآخرين غير موسرين من الناحية الجينية. إن المستشفيات ومانحى الخدمات الصحية هم بالفعل متمكّنون جدا من هذه المسائل. ويمكن أن يدمّر استخدام هذه الطريقة بالقصور فى الكمية المتاحة من البويضات، والتى تلبى حاجات أخرى، وبخاصة علاج العقم. باختصار، إن التعديل الجينى للمستودع الجينى البشرى يجب أن يُنْظَر إليه متموضعا فى سياق أضخم، سياق المجتمع، بالإضافة إلى السياق العائلى. بل وربما يجب أن ينظر إليه فى سياق التاريخ أيضا.

فى العديد من المناقشات التى دفعنا بحثى إلى الولوج إليها، يشعر المرء بأن ما يُهْتَدَى به للحكم على ما إذا كانت علوم التكاثر نافعة أو ضارة، هو مجتمع طوباوى لا يتعرض لأدنى مجازفة، مجتمع بلا نرجسية، مجتمع أطفاله أكثر بكثير من عبيده، وهو مجرد مجتمع خال من جرثومة الأنانية. لكن على امتداد الآلاف من السنوات، مورس الضغط من قبل العائلات، والأقران، والمجتمع، قد دفعت بالأزواج إلى توحيد الولاءات،

والترقّى إلى المنازل الرفيعة، وحصد الثروات. لقد أُنجب الأطفال لتأبيد الأعمال التجارية، وحفظ المكانة الاجتماعية، والدماء الملكية. بطريقة ما، يعدّ "الأطفال المصممون لغرض ما" شيئا قديما: فكر بأم لديها ثلاث بنات تتوق لأن تحمل مرة أخرى لتنجب ولدا، السرعة التى تصل بها المرأة لسن انقطاع الطمث والتى تشعر بأنه من الأفضل بالنسبة لها أن تحمل بسرعة حتى يمكنها القول بأنها عاشت "حياة كاملة"، المبتلون بالفقر الذى يجب عليهم معاونة أسرة ضخمة فى العمل فى المزرعة، وأحد المشاهير الذين يعتقدون أن طفلا مُصَمَّمًا فى رداء من القطن هو موضة العام من بين الكماليات التى ينبغى الحصول عليها.

هذه النقاط اللافتة والتقليدية التى أضيفت حول المستودع الجينى البشرى، والتى ليست طوباوية نموذجية، يجب أن تمنحنا أهم العلامات التى نسترشد بها حول ما يجب السماح به وما لا يجب السماح به عند تطبيق علوم التكاثر: يجب أن نتطلع لإنجاز أفضل من هذا، ونأمل ألا تسوء الأحوال معنا مطلقا. مهما كان ما نفعله، أنا أشك أن هذا العلم سيحدث ما هو أكثر من آثار مويجات صغيرة مقارنة بموجات التغيّر التطورى التى هزّتنا من قبل.

خاتمـــــة

ماوراء استنساخ البشر

التشوش الذهنى، والضجة الإعلامية والمبالغة التى قوبل بها عملى، قد افترضت تقدما حثيثا ومذهلا فى مجال البحث المتعلق بالتكاثر المدعوم الذى أنجزه فرانكينشتانيون(*) ذو عيون متوحشة، بمنهج علمى جامح متسارع بصورة مفرطة بالنسبة للأشياء الصغيرة المزعجة المتمثلة فى الاعتبارات الأخلاقية، بما ينفى أقل آمالها فى الاستمرار. الحقيقة مختلفة تماما. لدينا فائض من الوقت لفرز تلك الاعتبارات الأخلاقية، لأنه وبالمقارنة بمعدلات قبول الناس للمتاح فى فروع العلوم الأخرى، نجد أن تطبيق التقنيات التكاثرية بطىء ومجهد، وهو بالفعل منظم للغاية فى الكثير من الدول.

خذ مثلا على ذلك، التطور فى الإخصاب خارج الجسم. لقد بدأ جديا فى عام ١٩٦٢، مارا بالعديد من المعالم التقنية الهامة، من نضج البويضات والتلقيح فى أنبوب الاختبار حتى تلك الطرق المستخدمة لحث نمو الجريبات. كما لو أكدنا على التطبيقات الثورية لما كانا يحاولان عمله، نجد أن روبرت إدواردز **Robert Edwards** وباتريك ستيبتو **Patrick Steptoe** لم يمولا من قبل الحكومة وهوجما من قبل "الثالوث المقدس": البابا، الصحافة، وحائزى جائزة نوبل البارزين. (مارس جيم واطسون ضغطا

(*) فرانكينشتاين: بطل رواية شهيرة ألم به الدمار على يد المارد الذى صنعه بنفسه (المترجمة).

على إدواردز فى مؤتمر صحفى فى عام ١٩٧١ معلنا،"ماذا نحن فاعلون بخصوص الأخطاء؟")

بدأ النقل الجنينى فى الإخصاب خارج الجسم فقط فى عام ١٩٧٢، أى بعد بدء البحث فى مجال الإخصاب خارج الجسم بعقد من الزمن، وأتى ثماره عند حدوث أول حمل إكلينيكى فى ١٩٧٦، لسوء الحظ كان خارج الرحم، ثم بعد ذلك مولد لويز براون فى ١٩٧٨ . منذ ذلك الحين بدت التقنية آمنة للدرجة التى يمكن للمرء توقعها جالبة البهجة لملايين البشر حول العالم. واستمرت المناظرات، بالطبع. دار الجدل منذ مولد لويز حول إذا ما كان علينا تمكين النساء فيما بعد سن انقطاع الطمث من إنجاب الأطفال بهذه الطريقة، ما المصير الذى يجب أن تنتهى إليه الأجنة المدّخَرة والمجمدة، وإذا ما كان من حق كل امرأة أن تنجب طفلا. لكننا أمضينا الكثير من السنوات نفكر فى العواقب. هذا النقاش الطويل والمنافع الجلية التى أفاد منها المصابون بالعقم، كان من شأنهما بناء ثقة الناس فى التلقيح خارج الجسم.

يمكن لتاريخ مماثل من الفشل المبكر والجدل الاجتماعى متبوعا بنجاح تقنى نهائى وقبول جماهيرى أن يرسم خريطة للعديد من الابتكارات البيولوجية، بما فيها نقل الأعضاء، واستخدام التخدير أثناء المخاض. ويتباين الطموح والمغامرة من بلد لآخر، لكن المثال العام هو ذاته فى كل مكان.

نحن محظوظون أيضا، إذ أن الباحثين كانت لديهم الرغبة فى الدخول فى مناقشات حول التطبيقات المترتبة على أعمالهم. إنى آمل بهذا الكتاب أن أواصل التقليد الذى اتبعه العلماء طويلا فى كونهم منفتحين بخصوص ما يفعلونه وإلى أين تأخذنا أبحاثهم. فى حالة تعديل الخط السلالى الجنسى، أوضحت ورقة بحثية نشرت فى مجلة العلوم عام ١٩٧٢ أن العلماء كانوا يفكرون بالعواقب حتى وقتئذ. واستمروا يفعلون ذلك، مثلا فى تقرير حديث للرابطة الأمريكية لتطور العلوم. علاوة على ذلك، لدينا إعلام نشط يعكس خيالا خصبا بل ومفرط النشاط فى بعض الأحيان وعندما يتعلق الأمر بالكشف عن المسار المستقبلى والأخطار الخفية لتقنية معينة.

لكننى مؤمن بما هو أبعد من الانفتاح، النقاش، أو التنظيم. لدى ثقة بديموقراطية ذات شفافية، من شأنها أن تخضع أى سوء استخدام لتقنية ما للرقابة؛ إنى أثق بامرأة لن تتبرع ببويضاتها من أجل استنساخ ديكتاتور، لكنها سوف تعين مريضا فى أمس الحاجة الاكلينيكية لها؛ وقبل أى شىء آخر لدى إيمان بالأغلبية الضخمة من العلماء، الذين لا يختلفون عن الآخرين الراغبين فى الحد من المعاناة وجعل هذا العالم مكانا أفضل.

لدى تحذير حاسم يتوجب علىّ أن أضيفه، مهما أصبح العلم قويا، فسوف يظل المستقبل غامضا ومفتوحا. فلا أنت تستطيع التنبؤ بنتائج بحث ولا الاستخدامات التى ستصب فيها المعارف الجديدة. لقد فتح مولد دوللى الباب على مملكة جديدة فى الطب والبيولوجيا. بعد دوللى يمكننا أن نلقى نظرة خاطفة على كنوزها وأخطارها، لكن مازال أمامنا الكثير جدا لنتعلمه.

تماما مثل تأثير الإنترنت اليوم، الذى لم يستطع أحد التنبؤ به عندما اخترع تيم برنرز لى الشبكة العنكبوتية عام ١٩٨٩، فيجب علينا أيضا أن نتوقع طرقا للاستنساخ غير معروفة لنا بعد عشرين عاما من الآن. كما هو الحال مع ما سيكون ممكنا فى قرن من الزمان وفقا لتخمين أحدهم، بالرغم من أنى أتخيل أن أحدا ما فى مكان ما، سواء كان عالما، مفكرا مستقبليا أو كاتب خيال علمى قد فكر فيه بالفعل إلى حد ما.

وأيا كانت العواقب، فأنا واثق بأن التقنية ستصبح آمنة أكثر لدرجة توافر بدائل بلا أجنة لاستخدامها من أجل النقل النووى فى سبيل إنتاج خلية جذعية، وبالتالى سيصبح دمجها مع تقنية التعديل الجينى أمرا روتينيا. الأكثر أهمية أنى متأكد أن كثيرا من المسائل الأخلاقية الصعبة سوف تنقلب لصالح إرضاء غالبية المجتمع.

إن عدم سماحنا يكبح جماح ابتكاراتنا الفاعلة خشية أن يساء استخدام المعارف الجديدة فيها، لهو أمر محسوم. غالبا ما نأخذ ما توصلت إليه الأبحاث السابقة من نتائج كانت عسيرة المنال على أنها من المسلمات، ونفحص الإمكانيات واحتمالات التطورات المستقبلية، لأمر الذى قد يقزّم إنجازات الماضى. إن فداحة الضرر الذى يمكن أن يحدثه الإخفاق فى استثمار التطبيقات النافعة لتقنية، ما، تتساوى مع تحفيز تطبيقات تلك التقنية التى تنطوى على مخاطرة وضرر.

إن تقنية التكاثر المدعوم ما زالت فى عصرها الحجرى، وردة الفعل التى سوف يثيرها عرضى لدى بعض الناس تتحدث قليلا عن التقنية نفسها، بينما تتحدث كثيرا عن صدمة الجديد. تماما مثلما حدث فى الأيام الأولى لعمليات ازدراع القلب واللقاحات والابتكارات الأخرى. إن التاريخ – المستقبل الذى كان والذى أتى فى صحوة تلك التطورات الأولى – يظهر أن المنفعة يمكن أن تولد القبول.

إن قضية التغيير الجينى فى البشر كما أوجزت فى هذا الكتاب سيكون لها نقادها دائما. حتى عندما تم تطوير تقنيات النقل النووى، المعالجة النووية والخلايا الجذعية. أنا متأكد من أن بعض الناس مازالت تفضل أن تتحمل الإهانة الجزافية للطبيعة بدلا من إذعانها للتدخل البشرى، حتى لو استند إلى بحث متأن للمسائل الطبية لا للأهواء العابرة. إن من حقهم بالطبع أن يديروا ظهورهم إلى منافع التقنيات الحديثة. لكن على الأقل سيكون لديهم حرية الاختيار. وبالنسبة لى فإن مجرد امتلاك الفرصة لاختيار قرار ما لهو أمر عظيم.

وبالرغم من أنى لا أعرف شيئا عما سيأتى به المستقبل، فإن لدىّ الثقة بأن التقنيات التكاثرية والجينية سوف تعظّم بشدة من إمكانياتنا. وفوق ذلك، ستزيد من عبء المسئولية الواقع علينا أيضا. ولإيمانى بأن أغلبية الناس يميزون الصواب من الخطأ، فإنى أشعر بأننا كلما سارعنا بتحمل المسئولية كلما كان أفضل.

إننى أرغب فى أن أكون قادراً على تغيير مصيرى، أكثر من كونى محكوما بنهاية معينة. أريد للناس أن يمتلكوا اختيارات جديدة عندما يتعلق الأمر بحاجة جوهرية للغاية مثل الإتيان بأطفال أصحاء إلى هذا العالم. إننى أرى أن الاستخدام واسع النطاق للتقنيات التكاثرية والجينية ليس خطوة للوراء نحو الظلام، ولكنه خطوة للأمام باتجاه النور.

مسرد المصطلحات

تنشيط **activation**: عملية تحدث أثناء التلقيح وفيها يقوم الحيوان المنوى بحثّ البويضة (البويضة قبل النضج) لتستأنف نموها. هذا بدوره يحث على استكمال المرحلة الثانية من الانقسام الميوزى أو منصف، وهى العملية التى تنصّف فيها البويضة محتواها من الكروموسومات إلى نصفين. هذه العملية التى يتسبب فيها الحيوان المنوى يمكن محاكاتها بمعالجة البويضة بكيماويات مختارة أو استخدام الصدمات الكهربية معها.

مرض الألزهايمر Alzheimer's disease: الأكثر شيوعا بين جميع أشكال خرف الشيخوخة، وفيه تتكون كتلٌ من البروتين على هيئة "صفائح" "وخطوط متشابكة" فى المخ مؤدية إلى موت الخلايا. وكلما ماتت خلايا أكثر كلما ساءت أعراض المرض بشدة بداية من هفوات الذاكرة، التشوش الذهنى، وتقلبات المزاج وينتهى كل هذا بالوفاة. فى بعض العائلات يتم توريث هذا المرض العصبى التفسّخى.

حمض أمينى amino acid: وحدة البناء الجزيئى للبروتينات.

تكاثر لاجنسى **asexual reproduction**: التكاثر الذى لا يتطلب إندماج البويضة والحيوان المنوى، وفيه تأتى كل المادة الجينية للذرية من جد مفرد. بعبارة أخرى، هو الاستنساخ.

قاعدة base: الوحدات الجزيئية - "رسائل"الشفرة الجينية، وتسمى النيوكليوتيدات - التى تمنح التنوع فى جديلة الـ د.ن.أ أو الـ ر.ن.أ للحمض النووى الريبوزى ناقص الأكسيجين أو الـ د.ن.أ أربعة أنواع مختلفة من القواعد - الثايمين،

السيتوزين، الأدينين، والجوانين. بينما يحتوى الحمض النووى الريبونيكليك الـ.ر.ن.أ على اليوراسيل بدلا من الثايمين. يسمى "الرمزان" – الجزيئيان على الجدائل المتقابلة – المكمّلة – الـ .د.ن.أ أوالـ.ر.ن.أ بـ " زوج القواعد".

كيس الجذعة blastocyst: البويضة الملقّحة عندما تصل إلى مرحلة كتلة ميكروسكوبية مكوّنة قرابة أربعين إلى مائتى خلية، أحيانا ما يشار لها بـ "ما قبل المضغة". تصنع الخلايا جسما كرويًا مجّوفا يتضمّن كتلة الخلية الداخلية من خلايا الجذعة الجنينية، التى ستصبح الجنين المحاط بطوق خارجى من الخلايا – الأدمة البرّانية الاغتذائية – والتى ستصبح جزءا من المشيمة.

خلية cell: القالب الذى تبنى به الأجسام. مقدار منفصل من المادة الحية محاط بغشاء، أصغر وحدة قادرة على الوجود المستقل. الكائنات الحية المعقدة مثل البشر تحتوى أجسامها على مايزيد على مائتى نوع مختلف من الخلايا. مثل خلايا العضلات والعظم والأعصاب. عموما هناك نوعان أساسيان من الخلايا: خلايا جسمية، وخلايا الخط السلالى الجرثومى (التكاثرية) – البويضات والحيوانات المنوية – إذا امتدت أربعون خلية بشرية مصفوفة فى خط ستكون بطول ملليمتر واحد.

دورة الخلية cell cycle : قصة حياة الخلية، والتى يمكن تقسيمها إلى فترة من النمو ينسخ خلالها الـ.د.ن.أ الكروموزومى، ويحدث انقسام الخلية (بواسطة الانقسام الميوزى والميتوزى). تتألف القصة من فصول متنوعة: المرحلة التى يتضاعف عندها الـ.د.ن.أ (مرحلة S، المرحلة التى تنقسم فيها الخلية بالفعل لتصبح اثنتين (المرحلة M)، ومرحلتى الفجوة المتخلّلتين (G1& G2) وحالة من عدم الانقسام تسمى الكمون (G0).

انقسام الخلية cell division : أثناء الانقسام الطبيعى للخلية البشرية تصطف الكروموسومات بدقة فى وسط الخلية على هيئة ثلاثة وعشرين زوجا من الخيوط

المتوازية قلَميَّة الشكل تسمى كروماتيدات[1] في نفس الوقت، يتكوّن عند قطب الخلية المقابل اثنان من الـ"مريكزات[2] ". تقوم النُبَيْبَات الميكروسكوبية بضم كل كروماتيد إلى المريكزات مكوّنة ما يسمى بالـ "مغزل". عندما تنقسم الخلية، تنفصل الكروماتيدات، وتُجْذَب بواسطة النُبَيْبَات الميكروسكوبية إلى الأقطاب المقابلة. وبهذا يتكوّن تجمّعان متطابقان من الكروماتيدات – التعليمات الجينية المُورِّثة للخلايا الوليدة المستقبلية – عند القطبين. ينفصل الجزء الداخلي من الخلية بطريقة تشبه الدمبل[3] مع جسر ضيق ينحل، إلى أن يكون كتلتين في نهاية الأمر منتجا اثنتين من الخلايا الوليدة.

مُريكز centriole: هو جسم عضوى خلوى بالقرب من نواة الخلية، ويتكون من أسطوانة وتسعة من النُبَيْبَات الميكروسكوبية مصطفة محيطيا في دائرة. تساعد المريكزات في تكوين المغزل أثناء انقسام الخلية.

الكيْميرا chimera: هو جنين أو نتاج وليد، يتكوّن من خلايا من أكثر من جنين. الحيوانات الناتجة هى أخلاط من الخلايا، مما كان سيصبح بشكل طبيعى حيوانين منفصلين كل منهما له د.ن.أ منفرد.

كروماتيد chromatid: واحد من الجديلتين المتطابقتين التى ينقسم إليها الكروموسوم أثناء الانقسام الميتوزى، أو انقسام الخلية.

كروماتين chromatin : هو ذلك الجزء من نواة الخلية الذى يحتوى على كل الـد.ن.أ الموجود فى النواة، سواء فى الخلايا الحيوانية أو النباتية. عندما تنقسم الخلية، يُرَى الكروماتين ككروموسومات محددة تتضاعف مع قسم متساو لكل مجموعة من الكروموسومات ثم تهاجر إلى كل خلية من الخليتين الوليدتين.

كروموسوم chromosome: حامل المعلومات الجينية فى هيئة د.ن.أ تم التفافه على بعضه البعض بإحكام، مع بروتينات متخصصة مثل الهيستونات فى صرة واحدة. هذه الصرة هى الشكل المرئى الذى يتخذه الـد.ن.أ داخل الخلية. عادة ما يكون الـد.ن.أ الخاص بالحيوانات، مخزنا فى العديد من الكروموسومات، مثل أجزاء دائرة المعارف. فى البشر تحتوى كل الخلايا بخلاف البويضات والحيوانات المنوية على ستة وأربعين كروموسوما: اثنان وعشرين زوجا من الأوتوسومات (كروموسومات يحملها كل من الرجل والمرأة) زوج من الكروموسومات X (فى النساء) أو كروموسوم X وكروموسوم Y (فى الرجال). فى كل زوج من الأوتوسومات، يورَّث أحد الكروموسومات من والد الفرد والآخر من الأم.

تفلُّج أو انفلاج cleavage : عملية انقسام الخلية التى تتيح للـ"زيجوت" (البويضة الملقّحة حديثا) النمو إلى كيس الجذعة.

مُستَنْسَخ clone : المستنسخون هم أفراد متطابقون جينيا، أُنْتِجوا بواسطة التكاثر اللاجنسى. شتلات النباتات هى مستنسخات. فى هذا الكتاب، استُخْدِمَ مصطلح "المُستنسَخ" لوصف الذرية الناتجة بواسطة نقل النواة من خلية ما إلى بويضة ما (خلية البيضة) والتى تمت إزالة المعلومات الجينية منها: عملية النقل النووى.

سيتوبلازم cytoplasm: مادة فى الخلية تحيط بالحجرة الخصوصية الداخلية المسماة بـ"النواة" (حيث يقطن الـد.ن.أ)، ويحدّها جدار الخلية. إن السيتوبلازم بالغ التنظيم، ويحتوى على تراكيب متخصصة تسمى العضيات.

سيتوسكيليتون cytoskeleton: شبكة الألياف التى تكوّن "هيكل" الخلية.

---

(١) تسمى أيضا الخيوط المُلوَّنة أو شقوق الكروموسومات أو الصبْغيدات. (المترجمة)

(٢) المُرَيْكِز أو الوكتة هو الخلية الدقيِّة المركزية. (المترجمة)

(٣) الدَّمْبَل: كُرتان حديديتان يربط بينهما قضيب وهى أداة رياضية تمرَّن بهما العضلات.(المترجمة)

مُستَنْبَت أو مزرعة culture: أسلوب تغذية الخلايا للإبقاء عليها حية فى المختبر. نموذجيا، تتم تنمية الخلايا والأجنة فى سائل خاص يسمى وسط الزرع أو المستنبت الذى يمنح الخلايا كل ما تحتاج إليه من طاقة وموارد لاستمرار سلامتها.

مرض السكرى diabetes: خلل فى عملية الأيض[1] يظهر حين يعجز الجسم عن إحداث التوازن بين اختزان الطاقة واستخدامها بسبب خطأ. إما فى انتاج هرمون الإنسولين أو الاستجابة له. هناك نوعان رئيسيان من مرض السكرى، فى النوع الأول السكرى I، والمسمى أيضا بمرض السكرى المعتمد على الإنسولين، لا ينتج المريض كميات كافية من الإنسولين، لأن الخلايا المفرزة له فى البنكرياس - خلايا جزر لانجرهانز- تم تدميرها من قبل الجهاز المناعى فى الجسم. مثل هؤلاء المرضى يستجيبون جيدا إلى الحقن بالإنسولين. فى مرض السكرى من النوع II، لم يعد باستطاعة المريض صنع المقدار الكافى من الإنسولين أو لم يعد بمقدوره الاستجابة للإنسولين المحقون. النوع الثانى هو الأكثر شيوعا، عادة ما يصيب البالغين، وهو مرتبط بالسمنة.

تمايز differentiation: العملية التى بواسطتها "تحاول"خلية جذعية بدائية من جنين أن تكون خلية متخصصة فى الجسم، مثل خلية بشرة أو خلية عظمية.

ثنائية الكروموسومات diploid: هو وصف لخلية تحتوى على مجموعتين من الكروموسومات، بعكس الخلية مفردة الكروموسومات، التى تحتوى على مجموعة واحدة فقط. تحتوى الخلية البشرية ثنائية الكروموسومات على ستة وأربعين كروموسومًا، بينما الخلية أحادية الكروموسومات كالبويضة والحيوان المنوى على سبيل المثال تحتوى على ثلاثة وعشرين.

---

(١) الأيْض: مجموع العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازما وهدمها. وبخاصة: التغيرات الكيميائية (فى الخلايا الحيّة) التى بها تؤمِّن الطاقة الضروريّة للعمليات والنشاطات الحيوية والتى بها تُمثَّل الموادّ الجديدة للتعويض عن المستهلك منها. (المترجمة)

د.ن.أ DNA: الحمض النووى الريبوزى ناقص الأكسجين، أداة نقل المعلومات الوراثية فى المخلوقات كلها. إن جزىء الحمض النووى العملاق والمعقد يحمل الوصفة الجينية لتصميم و تجميع البروتينات، لبنات بناء الحياة الجوهرية. جزىء الـد.ن.أ الشبيه بالسلسلة فى هيئة لولب مزدوج مكون من تتابع من القواعد (الأدينين، الجوانين، السيتوزين، والثايمين، أو الرموز .(T&C,G,A) يقدم ترتيب هذه القواعد وصفة (تنتج أولا من خلال وسيط لجزىء آخر هو الـر.ن.أ) لإنتاج البروتينات التى هى لبنات بناء الحياة. تتكون الشفرة من ثلاثة رموز بثلاثية من الرموز (قُلْ ATT) تتشفّر لحمض أمينى محدد، والذى عندما ينضمّ إلى صف من الأحماض الأمينية، يكوِّن البروتين. لكل إنسان ثلاثة بلايين من القواعد فى تركيبه الجينى، الجينوم، لكن يعمل منها فقط حوالى خمسة وعشرين ألفا لإنتاج البروتينات.

دوبامين dopamine: مادة توجد فى المخ، وتقوم بنقل الرسائل فيما بين الأعصاب. الاضطراب العقلى داء باركينسون ينتج عن أداء غير كفء للخلايا العصبية المفرزة للدوبامين الموجودة فى جزء من الدماغ يسمى المادة السوداء. يسمح الدوبامين بأداء ناعم ومتوافق بين عضلات الجسم والحركة. عندما تتلف حوالى ٨٠٪ من الخلايا المفرزة للدوبامين، تظهر أعراض داء باركينسون مثل الرُعاش، وبطء الحركة.

متلازمة داون Down's syndrome: اضطراب جينى يتسبب فيه وجود نسخة إضافية من الكروموسوم ٢١، أو قطعة منه مؤديا إلى مدى واسع من الآثار العقلية والجسمانية بدرجات مختلفة. الخصائص الجسمانية تشمل الوجه المسطح، عيون منحرفة بميل ومسافة أكثر اتساعًا بينهما. ويكون حجم الرأس أصغر. التخلف العقلى شائع أيضا بالرغم من وجود تنوع كبير فى المقدرة والسلوك. المشكلات الصحية المحتمل ارتباطها بهذا المرض تشمل مقاومة أقل للعدوى، فقد السمع، مشكلات فى الجهاز الهضمى، وعيوب بالقلب.

طبقة المضغة الظاهرة أو الإكتوديرم ectoderm: هى الجزء من الجنين النامى الذى ينشىء الأدمة، الطبقة الخارجية من الجلد، والخلايا العصبية، وهى واحدة من

الثلاث طبقات الجرثومية – الطبقات الخلوية الرئيسية الثلاثة: الإكتوديرم، الإندوديرم، والميزوديرم – والتى تنشأ منها أعضاء الجسم والأنسجة خلال عمليات التمايز الإضافية.

جنين embryo: وهو كائن حى فى مراحل النمو والتمايز المبكرة. أثناء التكاثر الجنسى يتكوّن عند التلقيح بواسطة اتحاد حيوان منوى وبويضة (عمره من أسبوعين إلى ثمانية أسابيع بعد التلقيح) وبهذا فكلمة الجنين هنا تختلف فى معناها عن كلمة fetus التى تعنى الجنين الذى يبلغ عمره من ثمانية أسابيع إلى نهاية فترة الحمل.

خلية الجذعية الجنينية embryonic stem cell: خلية جذعية فى الجنين المبكّر تمتلك خاصية القدرة على الانقسام عدة مرات وبالتالى تنشىء مائتى خلية أو أى نوع من الخلايا فى الجسم. الخلايا الجذعية الجنينية تحتفظ بالمقدرة على تكوين أىٍّ من الأنسجة المختلفة فى الحيوان البالغ.

إندوديرم أو الطبقة الجرثومية الداخلية endoderm: الجزء من الجنين الذى ينشىء نسيج الظهارة (المبطِّنة) للأمعاء ومشتقاتها. فى الفقاريات مثل النعاج والبشر، تشتمل هذه المشتقات على الكبد، القصبة الهوائية والرئتين، والإندوديرم واحدة من الطبقات الجرثومية الثلاثة. انظر أيضا الإكتوديرم.

ينزع النواة enucleate: أى يزيل النواة من خلية ما، عادة ما تكون بويضة (خلية البيضة) فى عملية يتم إجراؤها خلال النقل النووى، والمصطلح مضلِّل بدرجة ما: فغالبا ما تكون خلايا البيضة المستخدمة فى الاستنساخ فى مرحلة خاصة تسمى خلايا البيضة MII، وفى حقيقة الأمر لا تحتوى على نواة، وإنما كروموسومات حرة بدلا منها.

إنزيم enzyme: عامل حفَّاز بيولوجى يتكون عادة من جزىء بروتين كبير مؤلف من العديد، بل الآلاف من الذرات التى تزيد من سرعة التفاعلات الكيماوية الأساسية فى الخلايا الحية. (أتى الاسم من الكلمة اليونانية بمعنى "بواسطة الخميرة".) بينما

يبلغ، يقدّر حجم الخلية بالميكرومتر (واحد على المليون من المتر)، يقدّر حجم الإنزيمات والبروتينات الأخرى بالنانومتر(واحد على البليون من المتر).

التغيرات فوق الوراثية epigenetics: التغيرات التى تحدث فى كيفية استخدام الجينات فى الجسم دون أن يطرأ تغيير على الجينات نفسها، وبخاصة أثناء النمو. إنها هذه التغييرات الخاصة بالتخلق المتعاقب[1] التى تجعل، على سبيل المثال، خلية رئوية متميزة جدا عن خلية دماغية، بالرغم من احتوائهما على نفس الـد.ن.أ تتمثل إحدى طرق التعديل النشوئى العارض فى تغيير الطريقة التى يحور بها الـد.ن.أ بمجموعات الميثيل، وهى العملية المسماة بمعالجة الـد.ن.أ بالميثيلة. توجد طريقة أخرى من خلال عمل هيستونات. فى إعادة البرمجة فوق الوراثية، يمكن للجينات التى كانت معطلة أثناء النمو الجنينى وتمايز الخلية أن تصبح نشطة مرة أخرى. بمعنى آخر، ترجع عقارب الساعة التكوينية للوراء، وبالتالى أزيلت التعديلات فوق الوراثية التى عملت على تحويل الخلية الجذعية الجنينية إلى خلية كبدية على سبيل المثال. ومع محو سجل الأحداث التطورى، يمكن لهذه الخلية أن تُدفَع مرة أخرى للتنامى لأنواع مختلفة من الخلايا.

علم تحسين النسل eugenics: هو محاولة لتغيير (بهدف "التحسين") التكوين الجينى للأجيال المقبلة عن طريق ضبط التكاثر. لقد كان شائعا فى الجزء الأول من القرن العشرين، عندما كان الأفراد ذوو الصفات التى اعتبرت مرغوبة يشجّعون على التناسل، بينما لا يُشَجَّع الأفراد ذوو الصفات التى اعتبرت غير مرغوبة على إنجاب الأبناء. كان الآلاف معقّمين قسرا. كانت أفكار حركة تحسين النسل نماذج للاحتذاء من قبل النازيين الذين بلغت أيدولوجياتهم الخاصة بفكرة تحسين النسل أوجها فى المَحْرَقة.

---

(١) النشوء العارض، النشوء اللاجينيوى، التخلف المتعاقب، التكوّن العارضى، والتولّد غير المُشكّل مسبقا هى كلها مترادفات لنفس المصطلح. (المترجمة).

نشوء evolution: إنها فكرة الأصل المشترك لكل المخلوقات بما فيها الإنسان والنعاج والفئران. اشتق المصطلح من الكلمة اللاتينية evolutio بمعنى "الترَعْرُع". لقد ارتبطت أسماء تشارلز روبرت داروين (١٨٠٩-٨٢) وألفريد راسيل والاس (١٨٢٣-١٩١٣) بالمفهوم العصرى للنشوء نظرية الانتخاب الطبيعى. فى كتابه أصل الأنواع (١٨٥٩) عرض داروين آلية للنشوء. الانتخاب الطبيعى هو العملية التى بواسطتها ينتهى الأمر بالأفراد البيولوجيين الممنوحين سمات مرغوبة أو ضارة بالتناسل اكثر من أو أقل من الأفراد الآخرين الذين لا يمتلكون مثل هذه الصفات. وبناءً عليه اقترح داروين أن هذا أدى إلى نشوء أشكال أخرى من الكائنات الحية - أصل الأنواع - هذه الأفكار تتواءم بشدة مع تلك الخاصة بعلوم الجينات الحديثة. ينشأ الاختلاف عبر الطفرات والتغييرات العشوائية فى المادة الجينية د.ن.أ من جيل لآخر.

تلقيح fertilisation: اندماج الحيوان المنوى بالبويضة، وفى أثنائه يتشارك الحيوان المنوى مع المادة الجينية مع البويضة (خلية البيضة) ويحفّز تنشيط هذه الخلية البيضية.

خلية الليفية fibroblast : خلية من النسيج الضام الذى ينمى بشكل شائع فى المختبرات لسهولة استنباتها وتنميتها.

جاسترولا gastrula : هى مرحلة من مراحل النمو الجنينى والتى تكون فيها الطبقات الجرثومية الثلاثة الإكتوديرم، والإندوديرم، والميزوديرم قد تكوَّنت.

جين gene: هو وحدة الوراثة، يتكون من تتابع من الـ د.ن.أ والذى يقوم بتوجيه إنتاج بروتين معين ويحدد الأنسجة التى سيتكوّن بها وعند أى مرحلة من مراحل النمو. يرث كل منا نسختين لكل جين، تأتى نسخة واحدة من كل أب. يظهر المرض الجينى المورّث ذو الصفة السائدة كمرض هانتينجتون عندما توجد نسخة واحدة من الجين كافية لإحداث المرض. يحدث المرض المورث ذو الصفات المتنحية فقط إذا وجدت كلتا النسختين من الجين المختل، كما يحدث فى مرض تاى ساكس، التليف الكييسى، داء الخلايا المنجلية.

علاج الجينى gene therapy: هو نقل الـ د.ن.أ سواء كان معبأ فى الفيروسات أو فى جزيئات الدهن أو حتى كـ"د.ن.أ" عارٍ – لعلاج مرض جينى. تمّ انطلاق المحاولات الإكلينيكية للعلاج الجينى بلا توقّف منذ ١٩٩٠. وبالرغم من أن النتائج كانت مخيِّبة للآمال حتى الآن، فإن هناك العديد من الحالات التى نجح فيها الأمر. الأمل معقود على أنه سوف يستخدم فى نهاية الأمر لعلاج العديد من الأمراض.

شفرة الجينية genetic code: تتابع من قوالب البناء الكيماوية للـ د.ن.أ (القواعد) التى تقوم بتوضيح تعليمات إنتاج الأحماض الأمينية، وهى قوالب البناء الجزيئية للبروتينات.

هندسة الوراثية genetic engineering: عملية السمكرة باستخدام الشفرة الجينية لكائن ما – فى هيئة د.ن.أ – لإنتاج حيوانات أو نباتات ذات خصائص مرغوبة.

جينوم genome: التتابع الكلى للـ د.ن.أ الخاص بكائن ما، ويتألف من سلسلة من "رموز" الشفرة الجينية (A,C,G and T) يبلغ طول الجينوم البشرى حوالى ثلاثة بلايين رمز.

علم الجينوم genomics: العلم المعنى بالتعرف على تتابع الـ د.ن.أ – أو الجينوم – فى الأنواع الأحيائية المختلفة، مع المعالجة اللاحقة لتلك المعلومات.

خلايا الجرثومية germ cells: الخلايا التى تُنْشِئ البويضة أو الحيوان المنوى.

خط السُلالِى الجرثومى germ line: نسب الخلايا التى تربط جيلنا بالجيل السابق عليه، وحتى أول جيل وُجِدَ فى الحياة منذ بلايين السنين. تعد البويضة والحيوان المنوى نموذجين لخلايا الخط السلالى الجرثومى.

مفردة الكروموسومات haploid: يصف هذا المصطلح خلية ما، مثل البويضة أو الحيوان المنوى، والتى تحتوى فقط على ثلاثة وعشرين كروموسومًا فقط، أى نصف العدد الموجود فى الخلايا الأخرى فى الجسم (ثنائية الكروموسومات).

HFE : هيئة علم الأجنة البشرية والتلقيح، وهى كيان فى المملكة المتحدة ينظم الاجـراءات التى تنطـوى على استخدام للأجنة البشرية سواء بغرض البحث العلمى أو العلاج.

الهيستون histone: بروتين يمكنه الارتباط بالـد.ن.أ ويلفّ المادة الجينية على هيئـة "عقـد فى خط" حيث يكون الـد.ن.أ (الخط) ملتفـا حـول نقط صـغيـرة من الهـيسـتـونات (العُـقَد) على مسـافـات منتظمـة. تلعب الهـيسـتونات دورا فى بناء الكروموسومات وتؤثر على الطريقة التى تستخدم بها الجينات فى الجسم.

الهرمون hormon: مادة تنتج بواسطة نسيج واحد، وتحمل بواسطة مجرى الدم إلى نسيج آخر لأغراض الأيض والنمو.

مرض هانتيجتون Huntington's disease :مرض وراثى مدمر يتميز بحركات غير طبيعية فى الجسم تسمى الرُقَاص، ويكون مصحوبا بفقدان للذاكرة.

ازدراع implantation: العملية التى يغرس بواسطتها الجنين نفسه فى بطانة الرحم بعد عبوره خلال قناة المبيض (قناة فالوب) حتى الرحم، وبالتالى يمكن لعملية نموه أن تستمر.

جين المدموغ imprinted gene: عائلة من الجينات التى تستخدم فقط إذا ما تم توريثـها من قـبل الأم أو من الأب. لدينا نسـخـتـان من مـعظم الجـينات؛ تتـضـمّن الاستثناءات الجينات التى تحدد الجنس فى الذكور. عادة ما تستخدم النسختان بقدر متساو فى الجسم؛ لكنه مع الجينات المدموغة، تستخدم النسخة المُوَرَّثة من أحد الأبوين فقط. تتحكم الميكانيزمات فوق الوراثية فى عملية الدمغ.

كتلة الخلايا الداخلية inner cell mass: كتلة من الخلايا التى تنمو بداخل وإلى جانب واحد من كيس الجذعة والتى ينشأ منها الجنين.

إنسولين insulin : هرمون بروتينى يُفرز فى الدورة الدموية بواسطة البنكرياس، ويقوم بتنظيم تركيزات الجلوكوز فى الدم. ينتج مرض السكرى بسبب نقص الإنسولين أو نقص الاستجابة للإنسولين.

In vitro : يؤدّى خارج الجسم، أى فى المختبر(المعنى الحرفى هو : فى كوب زجاجى، أى فى أنبوبة اختبار على سبيل المثال).

خلية جزر لانجرهانز islet cell : خلية من خلايا البنكرياس المنتجة للهرمونات مثل الإنسولين والتى تفرز فى مجرى الدم. تساعد هذه الهرمونات على ضبط مستوى الجلوكوز (السكر) فى الدم.

IVF: التلقيح خارج الجسم، إندماج البويضة والحيوان المنوى خارج الجسم وفى بيئة صناعية مثل أنبوبة الاختبار أو على طبق بترى وهى الأكثر شيوعا.

متلازمة الذرية الضخام large-offspring syndrome: هى حالة غالبا ما تُرَى فى الماشية المستنسَخَة والنعاج، حيث تنمو الأجنة إلى أحجام أكبر من أحجامها الطبيعية فى الرحم، وغالبا ما تعانى من اختلالات فى الأعضاء. تنطوى هذه المتلازمة المرضية على مخاطر صحية تهدد الأم والوليد وغالبا ما تنتهى بموت أحدهما أو كليهما.

انقسام الميوزى meiosis: هو تكوّن الخلايا الجرثومية - البويضات والحيوانات المنوية - حيث يتم تنصيف عدد الكروموسومات. وبنهاية هذا الشكل المتخصص من انقسام الخلية، والذى يمكن أن يستغرق عقودا فى حالة البويضات (خلية البيضة)، تمتلك الخلايا الجديدة فقط نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى خلايا المصدر.

ميزوديرم mesoderm: ذلك الجزء من الجنين الذى ينشأ عنه الجهاز العضلى والدورى ومعظم أجزاء الهيكل العظمى والجهاز البولى التناسلى. الميزوديرم هو إحدى الطبقات الجرثومية الثلاث. أنظر أيضا الإكتوديرم والإندوديرم.

طور المتوسِّط metapahse: هو أحد أطوار انقسام الخلية، حيث تتجمع كل الكروموسومات بواسطة السيتوسكيليتون قبل التفلّج.

نبيبة الدقيقة microtubule: أحد مكوّنات السيتوسكيليتون وللنبيبات الدقيقة دورٌ محددٌ فى فصل أزواج الكروموسومات أثناء انقسام الخلية. فى البويضة فى الطور المتوسط االمن الانقسام الميوزى، تُحْمَل الكروموسومات على المغزل، بحيث تكون على أهبة الاستعداد للانقسام.

ميتوكوندريا mitochondrion: تركيب صغير منتج للطاقة، على هيئة كبسولة معينة الشكل وهى واحدة من العضيات الموجودة داخل الخلايا. يوجد منها عدة آلاف فى معظم الخلايا. تمتلك البويضة (خلية البيضة) عددا كبيرا منها عند التبويض بصفة خاصة،، ولكنه لا ينتج ميتوكوندريا جديدة قبل مرحلة كيس الجذعة. إن الـد.ن.أ الخاص بالميتوكوندريا الموجودة فى الجسم كلها، سواء فى الذكر أو الأنثى مستمدّة من الميتوكوندريا فى البويضة، وبالتالى فإن الشفرة الجينية تمر عبر الخط الأمومى فقط. تنشىء الميتوكوندريا ميتوكوندريا أخرى عن طريق نسخ قطعة صغيرة من الـد.ن.أ الموجود فى الميتوكوندريا ثم تمرير نسخة واحدة من الـد.ن.أ لكل من تركيبى الميتوكوندريا الناتجين. فى معظم الحالات، تُشْتَقُّ الميتوكوندريا الخاصة بالذرية المستنسخة كلها من البويضة وليس من واهب الـد.ن.أ.

انقسام الميتوزى mitosis : هو عملية انقسام الخلية، حيث تتم مضاعفة الـد.ن.أ وتصبح الخلية الواحدة اثنتين. تضمن الآليات فى دورة الخلية الميتوزية ثبات عدد الكروموسومات فى كل خلية وليدة ليكون مماثلا للخلية الوالدية.

بيولوجيا جزيئية molecular biology : هى المبحث العلمى الذى يهتم بدراسة الأسس الجزيئية للحياة، بما فيها دراسة الكيمياء الحيوية للجزيئات مثل الـد.ن.أ الـر.ن.أ.

توتية morula: هى الجنين عند تلك المرحلة التى يكون فيها على هيئة كتلة من الخلايا الكروية قبل أن تتحول إلى كيس الجذعة.

طفرة mutation: تغيُّر فى الجينات ينتج مصادفة أو قد يكون متعمّدا عن طريق تغير ما فى الـ د.ن.أ الذى يؤلّف الوصفة الوراثية لكائن ما.

المرض الحركى العصبى motor neuron disease: مجموعة من الاختلالات التى يحدث فيها أن تتدهور حال الخلايا العصبية الحركية (العَصَبَات) فى الحبل الشوكى وجذع المخ وتموت. والأكثر شيوعا بين هذه الأمراض العصبية الحركية هو التصلّب الضُمُورى الجانبى المعروف بمرض لو جيهريج.

MPF : عامل تحفيز النضوج (أو عامل تحفيز الانقسام الميوزى أو الانقسام الميتوزى)، وهو بروتين مركّب مؤلّف من وحدات أصغر من بروتينات عدة تعمل عند نقطة محددة بعينها فى دورة الخلية لتقوم بحلّ الغشاء المحيط بالنواة، وتعبئة الـ د.ن.أ بداخل الكروموسومات، العملية المعروفة بتكثيف الكروموسومات، ويلعب الـ MPF دورا هاما أثناء عملية النقل النووى.

عَصَبَة neuron: هى الخلية العصبية التى تعد بمثابة وحدة البناء الأساسية للجهاز العصبى.

حمض النووى nucleic acid: هو حمض عضوى معقّد مؤلّف من سلسلة طويلة من الوحدات تسمى القواعد. ويكون النوعان المعروفان بالـ"د.ن.أ" والـ ر.ن.أ أساس الوراثة.

نقل النووى nuclear transfer: أكثر أشكال الاستنساخ شيوعا، والتى يتم فيها نقل نواة من الخلية الواهبة إلى بويضة (خلية البيضة) والتى تمت إزالة كروموسوماتها منها. تُحدِّد المعلومات الجينية فى تلك النواة كل خصائص الذرية الناتجة تقريبا.

النواة nucleus: المنطقة الصغرى فى مركز الخلية التى تحتوى على الـ د.ن.أ/ الكروموسومات – تعليمات بناء الخلايا وتشغيلها.

خلية البيضة oocyte: مصطلح يستخدم على نحو فضفاض لوصف البويضة فى عدة مراحل مختلفة من الانقسام الميوزى. عند المرحلة التى تنفصل فيها خلية البيضة

عن المبيض، تكون فى الطور المتوسط الثانى من الانقسام الميوزى، وهى المرحلة التى يُفَضَّل استخدامها لإجراء النقل النووى.

عُضَيّ **organelle**: أى من التراكيب المتنوعة الموجودة بداخل الخلايا التى تعد بمثابة نظائر لأعضاء الجسم المختلفة. والعضيات بالغة الدقة، بحيث تتعذر رؤيتها بالميكروسكوب الضوئى.

مبيض **ovary**: هو عضو التناسل الأنثوى الذى يقوم بإنتاج خلايا البويضات وهرمونات الإستيرويد[1] التى تتحكم بعدد من أوجه السلوك التكاثرى ووظائف الأعضاء الأخرى فى الجهاز التناسلى مثل الرحم.

التبويض **ovulation**: هو إطلاق البويضات من المبيض.

داء باركينسون **Parkinson's disease**: هو اضطراب تفسُّخى عصبى مستفحل تتسبب فيه عصبات الدوبامين الميتة أو التالفة فى تلك المنطقة من المخ التى تضبط التوازن وتقوم بالتنسيق فيما بين حركات العضلات.

التوالد العذرى أو البكرى **parthenogenesis**: هو تنامى الأجنة من بويضات غير ملقّحة نُشِّطَت بواسطة الاستثارة بالنبضات الكهربائية أو الكيماويات. مثل هذه الأجنة تسمى بالبارثينوت أو الوليد العذرى.

مشيمة **placenta**: العضو الذى يتكون أثناء الحمل ليغذى الجنين النامى. تتكون المشيمة من أنسجة الأم والجنين على حد سواء.

متعددة القدرة **pluripotent**: هو وصف للخلايا القادرة على التنامى إلى خلايا من أنواع عديدة مختلفة، ولكنها ليست كل أنواع الخلايا الممكنة. وحدها فقط الخلايا شاملة القدرة هى التى تستطيع التنامى إلى كل أنواع الخلايا.

---

(١) هى مركبات من الشحمانيات الشبيهة بالكوليستيرول (المترجمة).

جسم القطبى polar body: الوسيلة التى بواسطتها تقوم الخلية بفصل الكروموسومات. الجسم هو تركيب صغير خارج البويضة (خلية البيضة) الذى يحتوى على الكروموسومات التى نُبِذَت خلال انقسام الميوزى. وخلال التجارب استُغِلَّ وجوده للإشارة إلى المرحلة التى وصلت إليها خلية البيضة، ولإمدادنا بمؤشر على المكان المحتمل للكروموسومات التى ينبغى إزالتها.

خط بدائى primitive streak: هو ازدياد فى سماكة سطح الجنين التى تميز أول بنية يتم التعرف عليها بوضوحا والتى ستستمر فى تكوين الجهاز العصبى. ويستخدم هذا الخط من قبل كثير من العلماء كعلامة يُهتدى بها للمساعدة على التفرقة بين الجنين المبكّر و"الإنسان أو الروح".

نواة أوليّة pronucleus: مركب مستدير صغير يُرَى بداخل البويضة بعد التلقيح. تحتوى الأنوية الأولية على مجموعة من الكروموسومات المفردة (المادة الجينية للبويضة والحيوان المنوى) محاطة بغشاء. يجب أن تحتوى البويضة الطبيعية الملقحة على نواتين أوليتين إحداهما تأتى من البويضة، والأخرى من الحيوان المنوى.

بروتين protein: جزىء كبير يتألّف من سلسلة أو أكثر من الأحماض الأمينية بترتيب معيّن يُحدَد بواسطة الجين الذى يُشَفِّر للبروتين. والبروتينات لازمة لتركيب ووظيفة وتنظيم خلايا الجسم، وأنسجته وأعضائه، ومن أمثلة البروتينات الهرمونات، الإنزيمات والأجسام المضادة.

كمون quiescence: عندما تكون خلية ما غير نشطة نسبيا. بعض الخلايا فى الجسم تكون خاملة، بينما هى فى انتظار تعليمات من الجسم لتنفيذ مهمة محددة، لكن الكمون يمكن أن يُستَحثّ فى الخلايا الموجودة فى المستنبت سواء عن طريق تجويعها أو بالسماح لها بأن تزدحم معا.

إعادة البرمجة Reprogram: عملية تغيير مخزون الجينات المستخدمة من قبل خلية ما. عند أى مرحلة محددة تُنَظِّم الخلية لتوجِّه عملية إنتاج مجموعة من البروتينات

التى تلائم كل منها وظيفتها . فعلى سبيل المثال، سوف تستخدم خلية قلبية ما سلسلة من البروتينات تختلف عن تلك التى تستخدمها خلية كبدية ما . يقال إن النواة قد أعيدت برمجتها إذا تبدّل مخزونها من الجينات الجاهزة للاستخدام، وبالتالى تغيرت طبيعة الخلية. تعاد برمجة النواة أيضا بواسطة التحوّل إلى خلية البيضة، لكن هذه العملية غير فاعلة بالنسبة لإجراءات الوقت الراهن، حيث تؤدى إلى اختلالات فى عمليات التنامى.

"ر.ن.أ" RNA: الحمض النووى الريبوزى وهو أحد نوعين من المادة الجينية - على هيئة أحماض نووية - الموجودة فى كل الخلايا. الآخر هو الحمض النووى الريبوزى ناقص الأكسيجين الـد.ن.أ يقوم الـر.ن.أ بنقل المعلومات الجينية من الـد.ن.أ ليوجّه البروتينات المُنْتَجَة بواسطة الخلية.

ر.ن.أ التداخل RNAi : هو طريقة لإبطال عمل الجينات بواسطة إيلاج الـر.ن.أ ذى اللولب المزدوج إلى خلية ما.

ر.ن.أ التداخل الصغير siRNA: يعرف أيضا بـ"ر.ن.أ التداخل القصير" وهو نوع من جزيئات الـ"ر.ن.أ" الذى يتداخل مع استخدام الجينات. وهى تنتج بشكل طبيعى كجزء من مسار ر.ن.أ التداخل.

مغزل spindle: قبل أن تنقسم خلية طبيعية ما ، تتضاعف صبغياتها وتُسْحَب بعيدا بواسطة تركيب يسمى المغزل، وبهذا فإن الخليتين الوليدتين ستحتوى كلتاهما على نفس عدد الكروموسومات. فى نهاية المغزل الطبيعى، يوجد قطب المغزل، والذى يسمى أيضا بالسينتروسوم الذى يسحب الكروموسومات نحو الخارج.

خلية الجذعية stem cell: هى الجد الأعلى للعديد من الأنواع المختلفة من الخلايا فى الجسم. فى معظم الحالات، إذا انقسمت خلية ما فإنها تكون قادرة على أن تنشىء ذرية من الخلايا الشبيهة بها فقط. علاوة على ذلك، فمثل هذه الخلية المتمايزة قادرة على الانقسام لعدد محدود من المرات. على العكس، فإن الخلايا الجذعية تمتلك مقدرة

أعظم على الانقسام وإنتاج أنواع أخرى من الخلايا. الخلايا الجذعية البالغة تتنامى إلى أنسجة، وتبذل المجهودات فى سبيل الوصول إلى مدى مرونتها.

استنساخ العلاجى therapeutic clonning: هو عملية إنتاج خلايا من الأجنة البشرية المُسْتَنسَخَة، سواء لاستخدامها لأغراض البحث العلمى أو لعلاج مرض ما. يتم الحصول على الخلايا الجذعية من كتلة الخلية الداخلية الخاصة بالجنين، وبعد ذلك تُدْفَع للتنامى إلى النوع المطلوب بواسطة عوامل النمو.

شمولية القدرة totipotency: الخلايا شاملة القدرة لها خاصية إنشاء خلايا من كافة أنواع الأنسجة المختلفة فى الكائن البالغ. وعلى العكس، فإن الخلايا متعددة القدرة يمكن أن تنشىء تشكيلة محدودة فقط.

تمايز المُحَوَّر transdifferentiation: العملية التى تتحول بها الخلية غير الجذعية إلى نوع مختلف من الخلايا، أو تلك العملية التى تقوم بواسطتها خلية جذعية متمايزة بالفعل بخلق خلايا أبعد من مخزونها المعتاد. فمثلا يحدث التحوّل المباشر للخلية العصبية إلى خلية عضلية بواسطة التمايز المحور.

مُحَوَّر جينيا transgenic: كائن لديه جين دخيل (جين النقل) مُدْمَج فى الجينوم الخاص به.

توأمة twinning: تسمى أيضا شق كيس الجذعة؛ الصيغة الطبيعية للاستنساخ والذى يحدث عندما ينقسم كيس الجذعة إلى اثنين.

رحم uterus: هو العضو المُجَوَّف كمثرىّ الشكل الموجود فى الجزء السفلى من بطن المرأة حيث ينمو الجنين.

فيروس virus: الفيروس هو أحد أصغر العناصر المعدية، يتألّف من قطعة من الشفرة الجينية ملتفة فى البروتين يُقَدَّر قطرها ما بين ١٥ و٣٠٠ نانومتر. والفيروسات مسئولة عن عدد ضخم من الأمراض مثل الإنفلوانزا. وثارت النقاشات حول ما إذا كانت الفيروسات حيّة أم لا، إذ أنها يجب أن تسطو على الآليات الجزيئية لخلايانا

حتى تتكاثر (وهى تفعل هذا بواسطة إعادة برمجة خلايانا عن طريق شفرتها الجينية مُحَوِّلةً تلك الخلايا إلى مصانع فيروسية). ويمكن أن نسطو على الفيروسات نفسها لإجراء العلاج الجينى.

زرع غيرى xenotransplantatio: نقل الخلايا أو الأنسجة من نوع حى ما إلى نوع آخر.

منطقة الشفافة zona pellucida: الغشاء الشفاف الذى يغلِّف البويضات (خلايا البييضات) والأجنة المبكرة فى الثدييات. "يبرز" الجنين من المنطقة الشفافة عند مرحلة تكوين كيس الجذعة.

زيجوت zygote : الجنين أحادى الخلية المتكوّن عند التلقيح بواسطة اندماج الحيوان المنوى والبويضة (خلية البييضة).

المترجمة فى سطور:

أسماء شهاب الدين

طبيبة وكاتبة مصرية ، حصلت على عدة جوائز مصرية وعربية فى الكتابة الإبداعية من بينها جائزة المركز الأول فرع القصة القصيرة، فى مسابقات سعاد الصباح للإبداع الأدبى ٢٠٠٤، وجائزة المركز الأول فى القصة القصيرة فى مسابقة دبى الثقافية ٢٠٠٥، جائزة الرواية فى المسابقة المركزية للهيئة العامة لقصور الثقافة عام ٢٠٠٤. وجائزة المركز الأول فى القصة القصير، الهيئة المصرية العامة لقصور الثقافة، ٢٠٠٩.

صدر لها:

- ريما كالآخرين: قصص قصيرة، الهيئة المصرية العامة لقصور الثقافة، القاهرة ٢٠٠٣.
- ابن النجوم: قصص قصيرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ٢٠٠٣.
- مصارع العشاق الثلاثة: قصص قصيرة، دار سعاد الصباح للنشر، الكويت ٢٠٠٤.
- المنطقة العمياء: قصص قصيرة، الدار للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٨.
- الليل وأخفى: رواية، دار أرابيسك للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٩.
- المرأة الأولى: قصص قصيرة، دار أرابيسك للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٩.

المراجع فى سطور:

أحمد شوقى

– أستاذ علم الوراثة المتفرغ بجامعة الزقازيق.

– رئيس قطاع علوم الوراثة والتكنولوجيا الحيوية بالمجلس الأعلى للجامعات.

– عضو اللجنة القومية للوراثة، والمجلس التنفيذى للثقافة العلمية بأكاديمية البحث العلمى.

– عضو لجنة أخلاقيات علوم الوراثة باللجنة القومية للتربية والثقافة والعلوم (اليونسكو)

– مستشار بالمركز القومى للترجمة.

– رئيس تحرير سلاسل كرسات علوم المستقبل (المستقبلية ـ العلمية ـ الثقافة العلمية) التى تصدرها المكتبة الأكاديمية.

– شارك فى ترجمة مرجعين أساسيين فى وراثة وتطوير السلوك (ماكجروهيل) وعلم الوراثة (الدار العربية للتوزيع والنشر).

– أشرف على برنامج ترجمة أكثر من عشرين مرجع علمى للدار العربية، وحوالى مائتى شريط فيديو علمى لمؤسسة أكسفورد للمصادر العلمية.

– أدار مشروع الترابط بين الجامعات المصرية والأمريكية (المرحلة الثانية) حتى نهايته.

– المدير التنفيذى لوحدة تنسيق العلاقات الخارجية بالمجلس الأعلى للجامعات وعضو مجلس إدارة وحدة تنفيذ المشروعات بوزارة التعليم العالى حتى مارس ٢٠٠٥.

– الباحث الرئيسى لمشروع الرؤية المستقبلية للعلم والتكنولوجيا فى مصر بأكاديمية البحث العلمى.

التصحيح اللغـــوى : **السيد عبد الفتاح .**

الإشــــراف الفـــنى : **حســـن كامــل.**



هو شخص هادئ ذلك الهدوء المشوب بالحذر، لا تغويه الأضواء بالاقتراب منها. باحث جاد. ظهرت أبحاثه التي مثّلت حجر الزاوية في دنيا العلم في الدوريات العلمية المحترمة. لقد وطّد لنفسه سمعة حصينة، رغم أنه دخل عالم البحث العلمي عن طريق غير مباشر كما دخل عالم الاستنساخ بعدما طُلبَ إليه أن يجد وسيلة لإنتاج حيوانات تحمل صفات وراثية معينة. إنه د. إيان ويلموت قائد فريق استنساخ النعجة النجمة دوللي بمعهد روسلين باسكتلندا، والذى يشغل الآن منصب الأستاذية بجامعة إدنبره. وعبر نغمة أوتوبيوجرافية تعلن عن أحداث النشوة والألم والترقب والإحباط وغيرها من الانفعالات التي ميزت تلك الفترة من حياة الكاتب وفريقه. قام إيان ويلموت، وروجر هايفيلد المحرر العلمي لجريدة الديلي تليجراف البريطانية، ومؤلف العديد من الكتب المهمة بإهداء القارئ هذا الكتاب القيّم فى الذكرى العاشرة لمولد نجمة ذاك الزمن وكل زمن تلاه: النعجة دوللى.

